아열대 마(*Dioscorea alata*)의 저장중 부패 억제를 위한 큐어링 효과

김기선*, 권순배, 장광진¹, 홍세진², 김병섭²

강원도농업기술원 특화작물시험장, ¹국립한국농수산대학 특용작물학과, ²강릉원주대학교 식물생명과학과

Effect of Curing Conditions on Inhibition of Tuber Rot in Subtropical Yam (*Dioscorea alata*) during Storage

Ki Sun Kim*, Soon Bae Kwon, Kwang Jin Chang¹, Sae Jin Hong² and Byung Sup Kim²

Specialty Crops Experiment Station, Ganwondo Agricultural Research & Extension Services, Gangneung 210-851, Korea

¹Department of Industrial Crops, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hwaseong 445-760, Korea

²Department of Plant Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

Abstract - In order to improve storability of subtropical yam produced in South Korea, the major pathogens found during the storage were isolated and identified of the pathogenicity, and rot inhibition effect was studied based on the curing treatment condition. *Penicillium sclerotigenum* and *Penicillium polonicum* were identified as major pathogens causing rot in subtropical yam during storage, and *P. sclerotigenum* had stronger pathogenicity. Only the cut surface which has been made during a harvest and has been made smooth before curing generated a normal callus layer. The cut surface of tuberous root was cured in 95% of relative humidity for three days at 23°C, and cured at 28°C and 33°C. The observation of callus layer showed that the 23°C treatment group had similar color saturation between tuberous root and pellicle, while the groups treated above 28°C showed clear distinction. The generation rate of callus 0.5mm or bigger was 93 percent at 28°C treatment, 96% at 33°C treatment, but was 52% at 23°C treatment. The conventional curing treatment group that used wind or sunlight at room temperature created little callus layer. The infection rate of pathogens according to the relative humidity inside the storage room was low at 40% and 60% of humidity, and the curing treatment period did not make a difference. When the humidity inside the storage room was 80%, all treatment groups rapidly increased the fungal pathogens. The rotten rate of each treatment was studied after 180 days during which the storage temperature was maintained at 16°C and relative humidity 60%. While the rotten rate of tuberous root that has been cut in conventional curing treatment based on solar and wind was 43%, the one cured at over 28°C and created the callus layer was less than 18%. While even a healthy tuberous root showed 25% of rotten rate in the traditional treatment group, the one cured at over 28°C was less than 10%. The weight loss was 1-6% lower in the forced treatment group than in the conventional treatment group.

Key words - Curing, *Penicillium spp.*, Callus layer, Rotten rate

서 언

국내에서 웰빙 생활방식이 보편적으로 정착되면서 건강 식품에 대한 관심과 함께 기능성작물인 마(yam)의 소비량도 꾸준히 늘고 있는 실정이다. 마는 디아스타제(diastase)와 뮤신(mucin) 등 풍부한 소화효소와 영양소를 지니고 있어 주로 과일과 함께 갈아 마시거나, 샐러드 등 비교적 간편하게 먹을 수 있다. 일본에서는 식사전 전채요리(appetizer)

로 활용하기도 한다.

전세계적으로 650여종의 마속 식물중에서 60여종만 식용이 가능하며 이중에서 아열대 마(*D. alata*)가 가장 중요한 비중을 차지하고 있다. 아열대 마는 백합목 마과에 속하는 다년생 덩굴성 초본식물로서 지중해 연안과 서아프리카 등 열대 및 아열대에 폭넓게 분포하고 있다. 원산지는 인도네시아와 말레이시아의 동남아시아 열대 강우림지역으로 알려져 있으며(Craufurd *et al.*, 2001), 영명으로는 greater yam, water yam 등으로 불린다.

우리나라의 마 재배는 장형종(장마)위주의 2-3계통이

*교신저자(E-mail) : kkssk1@korea.kr

주로 재배되고 있으며 아열대 마는 새로운 소득작물 발육을 위하여 2000년대 초중반부터 연구기관을 중심으로 시작되어 현재에는 각 지역에 둥근대마 또는 대서마로 보급되고 있다.

아열대 마는 기존 재래종 마에 비하여 생장속도가 빠르고 생산량이 높다. 괴근모양도 짧은 원통형으로서 수확작업이 쉬울 뿐 만 아니라 재배기간 동안에도 병해충에 강하여 점차 재배면적이 확산되는 추세이다. 하지만 아열대 작물의 생리적 특성상 저장력이 약하여 동계 저장기간 동안 부패에 의한 많은 손실로 어려움을 겪고 있는 실정이다.

저장시설이 열악한 서아프리카에서는 상온에서 6개월의 저장기간 동안 생산물의 부패율이 약 56%로 보고되고 있다(Okigbo, 1994)

국내 재래종 마의 경우에도 저온저장이나 움저장중 갈변이 심하며 부패가 빨리 일어나는 등 저장성이 제한되어 있어 장기저장기술 개발이 절실한 상황이다(Kwon *et al.*, 2001).

아열대 마의 저장중 주요 부패의 원인은 늦은 수확에 따른 냉해와 저장중 병원균 감염이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 부패 양상은 주로 수확시 절단된 부위에서 곰팡이 오염에 의한 단독감염이 우세하였다(You *et al.*, 2006). 그리고 저장 중 푸른곰팡이병을 발생시키는 주요 병원균으로 *Penicillium sclerotigenum*과 *Penicillium polonicum*이 보고되었다(Kim *et al.*, 2008).

곰팡이병 발생을 억제할 수 있는 방법중 하나는 Cyprodinil, Prochloraz, Pyrimethanil 등 살균제에 의한 화학적 방제가 효과적이지만(You *et al.*, 2007) 식용 목적의 괴근에는 직접적인 처리가 불가능하며 아열대 마에 대한 약제의 고시도 정해져 있지 않다. 따라서 아열대마의 저장성을 향상시킬 수 있는 큐어링 처리 방법을 체계적으로 확립하는 것이 무엇보다 중요하다.

저장 전 큐어링 처리는 생산물의 상처를 치유하여 병해의 오염을 억제할 뿐만 아니라 조직을 단단하게 하여 저장기간중 호흡을 억제시키고 수분증산 및 맵아억제에 효과적이다(Salunkhe and Desai, 1984). 아열대 마의 큐어링 조건에 대한 보고에서 온도 25-30℃와 상대습도 55-62%에서 5-7일이 효과적이라고 하였고(F.A.O., 1998), Okigbo and Ikediugwu(1999)은 온도 29-40℃와 상대습도 90-95%에서 5-7일이 적합하다고 하였다. 또한 Passam 등(1977)은 큐어링에 적합한 온도와 상대습도는 각각 29-32℃와 90-96%에서 4-8일이라고 하여 큐어링의 처리온도와 습

도에 대한 견해의 차이가 큰 것으로 나타났다.

이처럼 아열대 마의 큐어링 조건은 재배지역에 따라 괴근의 품질, 저장기간, 저장방법의 차이로 인하여 다른 결과들을 보여주고 있다. 또한 국내에서 분리동정된 저장중 주요 병원균에 대하여 큐어링의 직접적인 부패억제 효과도 확실히 구명되지 않았다.

따라서 본 연구의 목적은 아열대 마의 저장성 향상 및 경영비 절감이 가능한 큐어링 조건을 구명하고 저장중 부패억제 효과를 확인하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

아열대 마의 괴근은 강원도농업기술원 특화작물시험장(강릉시 사천면)에서 생산된 일본수집 계통을 공재재료로 이용하였으며, 처리별로 모양과 크기가 비슷한 중량 200 g-300 g정도의 괴근을 20주씩 선별하여 사용하였다. 괴근의 절단은 단면적이 가장 넓은 중앙부위를 칼로 종방향으로 잘랐으며, 칼은 작업 중 끓는물에 수시로 소독하여 균의 직접적 감염을 방지하였다.

병원성 검정과 처리별 병원균 억제효과를 조사하기 위하여 재래종 마에 대한 병원성이 확인된 군주 2종(*P. sclerotigenum*과 *P. polonicum*)을 충남대학교(응용생물학과 식물병리학연구실)에서 분양받아 사용하였다. *Penicillium spp.*의 포자되는 MEA배지(malt extract 20 g, peptone 1.0 g, glucose 20 g, agar 20 g, distilled water 1 liter)상에 접종 후 인큐베이터(25℃)에서 10일 동안 배양하여 채취하였다. 아열대 마에 대한 균의 병원성을 확인하기 위하여 배양된 균을 멸균수에 10⁶포자/mL로 조정된 현탁액을 접종원으로 사용하였다. 접종방법은 1cm두께의 마 절편을 현탁액에 한번 담구어 미리 살균한 petridish안에 넣고 변화를 관찰하였으며 배양환경은 균 증식방법과 같다.

큐어링 처리는 온도는 23℃, 28℃ 및 33℃, 상대습도는 95%, 그리고 처리기간은 3일로 하였다. 관행적인 큐어링 처리구는 괴근을 칼로 절단하여 햇볕에서 4시간 건조 후 통풍이 잘되는 시설에서 3일간 상온보관 하여 준비하였다.

큐어링 처리에 따른 병원균 감염 정도를 확인하기 위하여 *P. sclerotigenum*과 *P. polonicum*이 80% 이상 포자가 증식된 절편을 큐어링된 괴근과 함께 항온항습기에 넣어 공기중 감염을 유도하였다. 항온항습기의 온도는 아열대 마의 일반적인 저장온도인 16℃로 고정하였으며 상대습

도에 의한 병원균 감염정도를 확인하기 위하여 공기중 습도는 40%, 60%, 그리고 80%로 각각 조절하였다. 괴근 절단면의 균사체 감염면적은 10일 후 조사하였다.

장기저장 시험을 위한 저장고의 환경은 온도 16℃와 상대습도 60%로 고정하였다. 온도별로 큐어링 처리된 괴근과 병원균에 감염된 괴근을 함께 저장고에 보관하였고 180일 후 조사하였다.

유상조직(periderm층) 형성율은 횡단면을 육안으로 관찰하여 층이 0.5 mm 이상 확인된 개체수를 백분율로 나타내었다. 괴근의 부패율은 개체별로 총무게에서 부패된 부위의 무게를 백분율로 계산하였다. 중량감소율도 저장 전 무게와 저장 후 무게 차이를 백분율로 환산하였다. 사진은 마이크로렌즈를 장착한 디지털카메라로 근접촬영 하였다. 실험은 20반복으로 수행하였으며, SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan의 다중범위검정으로 통계분석하였다.

결과 및 고찰

저장 중 가장 빈번히 발생하는 푸른곰팡이병(Blue mold rot)의 주요 병원균인 *Penicillium spp.*는 불완전균으로서 운송이나 저장 중 일어나는 부패의 90%까지 관여한다(Sauer *et al.*, 1984). 특히 *P. sclerotigenum*은 마의 저장 중 부패를 일으키는 주요 병원균으로 보고(Yamamoto *et al.*, 1955)되었으며 국내에서도 마의 저장중 부패 원인균으로 *P. sclerotigenum*, *P. polonicum*을 분리동정 한바 있다(Kim *et al.*, 2008). MEA배지에서 배양된 *P. sclerotigenum*를 현탁액으로 만들어 아열대 마의 절편을 접종하고 10일 후 관찰한 결과 외부에 청색포자가 발생하였으며 내부는 초기에

황색에서 점점 암갈색으로 부패가 일어났다(Fig. 1A, B). *P. polonicum*을 접종한 마는 감염조직에서 흰색포자가 발생하였으며, 내부는 *P. sclerotigenum*와 마찬가지로 암갈색으로 부패되었다(Fig. 1C, D). 병원성은 두 병원균에서 뚜렷하게 관찰되었으며 특히 *P. sclerotigenum*이 *P. polonicum*보다 감염속도가 빠르고 부패 정도가 심하여 아열대 마에 대한 병원성이 강한 것으로 나타났다. 재배농가에서도 저장 중 부패가 진행되는 대부분의 괴근에서 청색포자와 함께 내부의 암갈색 괴사를 쉽게 관찰할 수 있었다. 한편 일부 저장고에서는 표면의 청색 균사체 분포가 적음에도 불구하고 내부의 괴사는 상당히 진행된 것을 관찰할 수 있었다. 이는 저장고의 상대습도가 낮을 경우 표면의 균사체 증식은 억제되지만 이미 침투된 균의 증식은 지속적으로 진행되고 있었을 것으로 사료된다. 따라서 저장초기 병원균이 상처부위에 부착되더라도 큐어링 처리에 의해 내부로 병원균 침입을 방지하는 것이 장기저장에 중요한 것으로 판단된다.

큐어링은 절단면의 유상조직을 발달시켜 내부층을 보호하기 위한 수확 후 처리 방법으로 온도 및 습도가 중요한 요인으로 알려져 있다(Salunkhe and Desai, 1984). 그러나 본 연구에서는 아열대 마의 수확 과정에서 생긴 상처에서 고온다습 조건의 큐어링 과정이 오히려 병원균 증식을 조장하는 것으로 나타났다.

수확작업 중 절단된 한 개체를 한쪽면만 매끈하게 절단하여 큐어링 처리 후 자르지 않은 다른면과 비교한 결과 매끈한 면은 정상적으로 유상조직이 형성되어 병원균 감염이 없었던 반면, 다른 한쪽면은 푸른곰팡이병이 발생되었다(Fig. 2A). 이것은 이미 포장감염(field infection)된 자연적인 절단이나 상처는 불규칙한 단면 때문에 단순한 흠털기나, 물세척 만으로는 병원균을 완전하게 제거하기가 어

Fig. 1. Colonies of *Penicillium sclerotigenum* on MEA (A), and blue-green spores developed on the infected cut tuber of *Dioscorea alata* (B). Colonies of *P. polonicum* on MEA (C), and white-blue spores developed on the infected cut tuber of *D. alata* (D). Tubers incubated for 10 days at 25℃ after inoculation of *Penicillium spp.*

렵기 때문이다. 따라서 수확작업 중에 상처가 난 괴근은 큐어링 하기전에 반드시 인위적으로 절단하여야 한다. 괴근 절단면의 유상조직 형성을 관찰하고자 상대습도 95% 이상에서 3일간 23°C, 28°C, 그리고 32°C로 큐어링 처리한 결과, 23°C의 온도에서는 괴근육과 표피층의 색농도가 유사하여 유상조직층의 관찰이 어려운 반면(Fig. 2B), 28°C 이상에서는 뚜렷하게 유상조직층이 형성되었다(Fig. 2C, D). 유상조직 형성율도 28°C 이상에서 93~96%로 양호하였으나 23°C에서는 52%로 낮게 나타났다(Fig. 3).

이상의 결과에서 유상조직 형성에 필요한 큐어링의 온도 조건은 28°C 이상임을 알 수 있었다. 다만 온도가 낮을수록 경명비 절감에 유리한 점을 감안 할때 28°C가 효과적인 큐어링 온도의 최저 한계온도인 것으로 사료된다. 한편 관행적으로 이용되는 바람이나 햇볕에 의한 자연적인 큐어링 방법은 병원균의 증식을 억제할 수 있는 유상조직층이 충

분히 형성되지 않았다(Fig. 3).

저장중 큐어링에 의한 부패억제 정도를 확인하기 위하여 저장온도 16°C, 상대습도 40%, 60% 그리고 80%의 각기 다른 저장환경에서 괴근 절단면의 병원균 균사체 감염면적을 조사한 결과 28°C와 33°C에서 큐어링 처리한 괴근이 23°C 처리에 비하여 감염억제 효과가 뚜렷하게 나타났다(Table 1). 이것은 큐어링 처리에 의하여 비교적 균일하게 형성된 절단면의 유상조직이 균의 증식에 필요한 수분의 흡수 및 배출을 차단함으로써 절단면에 부착된 균사의 증식을 억제한 것으로 생각된다.

공기 중 습도가 40%와 60%로 유지된 처리구에서는 비교적 감염비율이 낮았던 반면, 습도가 80%인 경우 모든 처리에서 균의 증식이 급격히 증가하였다(Table 2). 이 결과는 대부분의 균류는 영양분의 세포내 확산과 세포의 효소를 분비하는데 수분이 필요하며 상대습도 70%는 균류생장에

Fig. 2. Difference of rot occurrence on broken tuber treated with curing at 28°C and 95% relative humidity (RH) for 3 days after cutting off damaged area on left side and remained broken surface on right side (A). Periderm layer treated with curing at 23°C and 95% RH for 3 days (B), curing for at 28°C and 95% RH (C), and curing at 33°C and 95% RH (D), respectively.

Fig. 3. Formation rate of periderm layer surface over 0.5 mm on yam after curing at each temperature and 95% RH for 3 days (n = 20).

있어서 최저한계라는 보고(Papendick and Mulla, 1986) 결과에 준하였다. 이점은 괴근의 장기저장을 위한 저장고 습도는 60% 이하로 관리되어야 병원균 증식을 억제할 수 있음을 시사한다.

각기 다른 온도에서 큐어링 처리된 아열대마를 16°C에서 상대습도 60%의 저장환경에서 180일간 저장 후 부패율을 조사하였다. 수확 후 손질한 절단 괴근의 부패율은 햇볕을 이용한 관행적 큐어링 처리구에서 43% 이상이었으나, 28°C와 33°C에서 큐어링하여 안정적으로 유상조직층이 형

성된 괴근은 18% 이하로 적게 나타났다(Fig. 4).

건전한 괴근도 관행처리구에서 25%의 부패율을 보인 반면 28°C와 33°C에서 큐어링한 괴근은 10% 이하로 감소하였다. 큐어링이 잘된 괴근은 저장기간 중 절단면 1-3 mm 내에서 균사의 침입에 의한 괴사흔적이 관찰되었으나 내부는 건전한 상태였다(Fig. 5A).

큐어링 처리가 덜 된 괴근은 표피보다 주로 절단면 부근에서 암갈색의 괴사가 진행된 모습이 관찰되었으며 진행부위는 가장자리보다 중심부 쪽으로 갈수록 좀더 깊이 내부

Table 1. Percentage of infected area with *Penicillium spp.* on cut surface of yam tuber after 10 days at 16°C in incubator chamber

Treatment	Relative humidity ^z in storage (%)		
	40	60	80
Cured (23°C + 95% RH ^z , 3days)	25by	28b	75b
Cured (28°C + 95% RH, 3days)	16a	18a	55a
Cured (33°C + 95% RH, 3days)	16a	17a	51a
Dried under solar and shade with air	29b	43c	92c

^zrelative humidity.

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

Table 2. Percentage of infected area with *Penicillium spp.* on cut surface of yam tuber after 10 days at 16°C in incubator chamber

Treatment	Curing conditions of tuber before storage			
	23°C + 95%, 3 days	28°C + 95%, 3 days	33°C + 95%, 3 days	Dried under solar and shade with air
40% RH ^z	25a ^y	16a	16a	29a
60% RH	28a	18a	17a	43a
80% RH	75b	55b	51b	92b

^zrelative humidity in storage.

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

Fig. 4. Occurrence rate of rot on healthy and trimmed yam tuber with different curing treatments after 180 days of storage at 16°C and 60% RH (n = 20).

Fig. 5. Condition of tuber cured with 33°C and 95% RH for 3 days (A) and tuber dried with air under solar for 4 hr and shade for 3 days (B) after storage at 16°C and 60% RH for 180 days.

Table 3. Weight loss of bisected *D. alata* tubers controlled different humidity after 180 days under 16°C storage

Treatment	Relative humidity ^z in storage (%)		
	40	60	80
Cured (23°C + 95% RH, 3days)	31a ^y	14a	9a
Cured (28°C + 95% RH, 3days)	30a	15a	8a
Cured (33°C + 95% RH, 3days)	30a	15a	9a
Dried under solar and shade with air	35b	21b	10a

^zrelative humidity.

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

로 침투되었다. 또한 일부 괴근에서는 표피의 작은 상처를 통해 중심부쪽으로 나뭇가지 처럼 가늘고 긴 암갈색 괴사도 관찰되었다(Fig. 5B).

괴근의 큐어링 처리후 중량 감소율은 저장중 상대습도가 낮을수록 수분증발에 의한 영향으로 중량 감소폭이 크게 나타났다(Table 3). 큐어링 처리온도에 따른 괴근의 중량감소는 없었으나, 상온에서 큐어링한 관행 처리구의 괴근은 강제 큐어링 처리구에 비하여 1-6% 정도 중량이 더 감소되었다. 본 결과는 Booth(1974)의 큐어링 처리된 괴근은 150일간 저장후에 10% 정도 중량이 감소하였으나 무처리구의 경우 24% 이상 감소하였다는 보고와 같은 결과를 보여 안정적인 큐어링 처리가 마 괴근의 중량 유지에 효과적임을 확인할 수 있었다.

이상의 결과로서 아열대마의 저장중 부패억제를 위한 큐어링 조건은 온도 28°C 이상으로 95% 상대습도의 환경내에서 3일간 처리하는 것이 효과적임을 확인하였다. 또한 큐어링 후 저장환경은 온도 16°C에서 상대습도 60%로 유지할 경우 병원균의 증식이 억제되어 안정적인 장기저장이 가

능하였다. 향후 저장중 호흡에 의한 품질저하를 방지하고 다양한 병원균에 의한 부패를 효율적으로 억제할 수 있는 추가 연구가 필요한 것으로 판단된다.

적 요

국내에서 생산되는 아열대 마의 저장성을 향상 시키고자 저장기간 동안 발생하는 주요 병원균을 분리동정하여 병원성을 확인하고, 큐어링 처리 조건별로 부패억제 효과를 조사하였다. 아열대 마 저장중 부패를 일으키는 주요 병원균은 *Penicillium sclerotigenum*와 *Penicillium polonicum*으로 확인되었고 *P. sclerotigenum*이 좀더 병원성이 강하였다. 수확도중 절단된 부위는 큐어링 하기전 반드시 매끈하게 잘라야만 정상적인 유상조직층이 형성되었다. 괴근 절단면을 상대습도 95%에서 3일간 23°C, 28°C 그리고 33°C로 큐어링 처리하여 유상조직층을 관찰한 결과, 23°C 처리구는 괴근육과 표피층의 색농도가 비슷하여 확인이 어려운 반면, 28°C 이상 처리구는 뚜렷하게 관찰되었다. 0.5 mm 이

상의 유상조직 형성율도 28℃ 처리에서 93%, 33℃ 처리에서 96%로 양호하였으나 23℃ 처리구에서는 52%로 낮게 나타났다. 상온에서 바람이나 햇빛을 이용하는 관행적인 큐어링 처리구는 유상조직층 형성이 미미하였다. 저장고안의 상대 습도에 따른 병원균의 감염은 습도가 40%와 60%로 유지되었을 경우 감염비율이 낮았고 큐어링 처리간에도 차이가 없었다. 저장고내 습도가 80%인 경우 모든 처리구에서 균이 급격히 증식하였다. 저장온도 16℃에서 상대습도 60%를 유지하여 180일 후 처리별로 부패율을 조사한 결과, 절단된 괴근을 햇빛이나 바람에 의해 큐어링된 관행적인 처리구는 43%였으나, 28℃ 이상에서 큐어링하여 유상조직층이 형성된 괴근은 18% 이하로 나타났다. 건전한 괴근도 관행처리구에서 25%의 부패율을 보인 반면 28℃ 이상에서 큐어링된 괴근은 10% 이하로 나타났다. 중량감소율도 관행처리구에 비하여 강제 처리구가 중량이 1~6%정도 덜 감소하였다.

추가 주요어 : 큐어링, *Penicillium* 속, 유상조직층, 부패율

인용문헌

- Booth, R.H. 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops; losses and their control. *Trop. Sci.* 16(2):49-62
- Craufurd, P.Q., R.J. Summerfield, R. Asiedu and P.V. Varaprasad. 2001. Dormancy in yams. *Expl. Agric.* 37:147-181.
- F.A.O. FAOSTAT. 1998. Agriculture data base-agriculture production crops primary. fao@www.fao.
- Kim, W.K., Y.S. Hwang and S.H. Yu. 2008. Two species of *Penicillium* associated with blue mold of yam in Korea. *J. Kor. Soc. Mycol.* 36:217-221 (in Korean).
- Kwon, E.G., E.M. Choe and S.J. Gu. 2001. Effect of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECENE) on blood glucose and lipid composition in alloxan - induced diabetic mice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33:795-801 (in Korean).
- Okigbo, R.N., 1994. A review of biological control methods for postharvest yams (*Dioscorea* spp.) in storage in south eastern Nigeria. Department of Biological Sci. Michael Okpara University of Agriculture.
- Okigbo, R.N. and F.E.O. Ikediugwu. 1999. Post-harvest determination of yam tuber in storage barn. *Int. J. Tropical Plant Diseases* 18:51-60.
- Papendick, R.I. and D.J. Mulla. 1986. Basic principles of cell and tissue water relations. p. 1-25. In P.G. Ayres and L. Boddy (eds.), *Water, Fungi and Plants*. Cambridge University Press. USA.
- Passam, H.C., P.A. Hughes and S.J. Read. 1977. Wound repair in yam tubers : The effects of inhibitors of respiration and protein synthesis on repair physiology. *New Phytol.* 79: 593-603
- Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 83-111.
- Sauer, D.B., C.L. Storey and D.E. Walker. 1984. Fungal population in U.S. farm-stored grain and their relationship to moisture, storage time, regions, and insect infestation. *Phytopathology* 74:1050-1053.
- Yamamoto, W., K. Yoshitani and M. Maeda. 1955. Science Report. Hyogo Univ. Agric. Biol. Ser. 2:69.
- You, O.J., Y.H. Lee, Y.D. Jin, J.B. Kim, S.G. Hwang, S.H. Han and J.E. Kim. 2007. Antifungal activity of pesticides to control dry rot and blue mold during garlic storage. *J. Kor. Pesticide Sci.* 11:331-338 (in Korean).

(Received 30 January 2012 ; Revised 18 April 2012 ; Accepted 24 May 2012)