KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 30, No. 3 233~239 (2024)
https://doi.org/10.20909/kopast.2024.30.3.233

물류자재와 저온저장고 형태가 양파(*Allium cepa L.*)의 저장성에 미치는 영향

김미나[1] · 최동수[1]* · 김용훈[1] · 김진세[1] · 박천완[1] · 박종민[2]

[1]국립농업과학원 수확후관리공학과
[2]부산대학교 바이오산업기계공학과

Effect of Logistics Materials and Cold Storage Type on Onion(*Allium cepa L.*) Storage

Mi-na Kim[1], Dong-Soo Choi[1*], Yong-Hoon Kim[1], Jin-Se Kim[1], Chun-Wan Park[1], and Jong-Min Park[2]

[1]Postharvest Engineering Division, National Institute of Agricultural Sciences, Korea
[2]Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Pusan National University, Korea

Abstract Agricultural mechanization is urgently required due to a shortage of labor and rising labor costs due to a decrease in population in rural areas. Ton bags or wire mesh pallets are used when harvesting onion machines, but there is a lack of research on how logistics materials such as ton bags or wire mesh pallets affect the quality of onions stored. Therefore, in this study, the quality change of onions contained in ton bags and wire mesh pallets was examined during storage in low-temperature and dehumidifying low-temperature storage. On day 190 of storage, the germination rate of onions stored using ton bags in cold storage was approximately 2.5 times higher than that of onions stored using wire mesh pallets and about 4 times higher than that of onions stored using wire mesh pallets in dehumidifying cold storage. On day 231, all onions stored were examined for decay, and the decay rates of onions in ton bags and wire mesh pallets stored in cold storage were 11.69%, 7.29%, respectively, and the decay rates of onions in wire mesh pallets stored in dehumidifying cold storage were 4.43%. As a result of the experiment, the quality of onions in the wire mesh pallet was better than that of onions in the existing ton bag, and it was more effective in maintaining the quality of onions when stored in a dehumidifying storage than when stored in a cold storage.

Keywords onion, wire mesh pallet, ton bag, cold storage, dehumidification cold storage

서 론

백합과에 속하는 양파(*Allium cepa L.*)는 세계적으로 재배되는 작물 중 하나이며, 2023년산 국내 1인당 양파소비량이 약 26.2 kg 이를 정도로(KREI, 2024) 우리 식생활에 중요한 조미채소이다[3]. 재배 특징상 양파는 수확시기가 4~6월에 집중되어 수확 시 많은 인력이 필요하지만 현재 농촌 지역의 고령화와 인건비 상승으로 인력수급에 어려움을 겪고 있다. 양파는 주로 밭에서 수집하기 전 2~3일간 건조시킨 후 주로 20 kg 그물망에 담아 운반 저장한다[16]. 이런 양파의 관행적인 포장방법은 상하차 작업 시 밭에서 도로까지 인력으로 운반하는 작업이 필요하고, 이로 인해 양파 생산과정 중 발생하는 인건비의 대부분은 수확작업에 몰려있다. 따라서 양파 생산비 절감을 위해 수확작업의 저비용 및 고효율화가 필요하여 양파 수확 현장에서 수확 작업의 기계화에 대한 요구가 커지고 있다.[9] 그러므로 대량으로 작업을 진행하면서 기계화된 수확작업과 연계가 가능한 수확 및 저장방법이 필요하여 기존 20 kg 그물망을 사용하지 않는 수확용 톤백 및 벌크저장용 철망파렛트의 개발이 필요하였다[8]. 실제 Park 등[16]이 양파 수확방법에 따른 노동력 및 비용 증감효과를 분석한 결과 그물망 톤백 수확작업을 진행할 시 수확작업의 기계화가 가능하여 인력으로 운반하는 작업이 필요가 없고, 이로 인해 90.5%의 노동시간 절감 효과 및 노동 투입시간이 20 kg 그물망보다 50.1% 절감되고, 톤백과

*Corresponding Author: Dong-Soo Choi
Postharvest Engineering Division, National Institute of Agricultural Sciences, 166, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea
Tel: +82-63-238-4130, Fax: +82-238-4105
E-mail: choi0ds@korea.kr

벌크 철망파렛트 적용 시 관행적인 망 작업보다 투입비용이 24.5% 절감되는 효과가 있다고 하였다.

양파는 수분함량이 많고 수확 후 2~3개월이 지나면 휴면이 타파되는 특성을 가지고 있어 저장기간 중 맹아, 발근 및 위조, 부패에 의한 품질 저하가 우려되는 작물이다[7,11]. 따라서 연간 신선한 상태의 양파를 수요에 맞게 공급하기 위해서는 품질을 유지할 수 있는 장기저장방법에 대한 연구가 필요하였다[11]. 양파의 저장성을 향상시키기 위해 건조, 저온저장, 큐어링 처리 등이 연구되었으며[16], 현재까지 연구된 다른 양파 장기 저장방법으로는 1-MCP처리[4], 훈증처리[6], 오존처리[5], 간이저장 시 통풍구 크기[12], 적재방법[11] 이 있다. 양파 저장 시 사용하는 20 kg 플라스틱망, 그물망 톤백, 철망 파레트 등 사용되는 자재에 따라 입출고 작업의 편리성 뿐만아니라 저장품질에 큰 영향을 줄 수 있다. 대량작업이 가능한 톤백을 이용한 수확 및 저장방법은 기존 20 kg 그물망보다 기계수확 및 하역작업에 유리하지만, 양파 저장 시 톤백 자체로 고정 및 적재가 어려워 톤백에 파렛트를 조합하여 사용해야 하며 통기성이 취약한 단점이 있다[8]. 수분함량이 많은 양파는 특성상 기계수확 과정에서 양파구의 마찰과 충격으로 인해 품질 및 저장성 하락이라는 문제[9]가 발생할 수 있어서 기계수확 양파의 수확 및 저장방법으로 톤백보다 견고하고 통기성이 우수한 철망파렛트를 일부 저장시설에서 시범적으로 사용되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 기계 수확한 양파를 톤백과 철망파렛트와 같은 적재자재별, 저온저장고와 제습저온저장고와 같은 저장고 형태별로 실제 양파 저장성을 평가하여 양파의 적정 저장방법 및 조건을 구명하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 기기

본 연구에 사용된 공시재료는 경남 함양에서 23년 7월 31일경 기계로 수확한 '민국' 양파를 사용하였다. 양파 3,000 kg을 저온저장고에는 톤백, 철망파렛트, 제습저온저장고에는 철망파렛트만 입고하였다. 저온저장고와 제습저온저장고에 들어가는 톤백 및 철망파렛트에는 양파를 1개당 500 kg씩 담았으며, 각 처리구별로 2개씩 입고하였다.

저온저장고(99.17 m^2)와 제습저온저장고(132.23 m^2)는 H농협에서 운영하는 저장고이며, 양파 적재 시 사용한 자재는 접철식 철망파렛트(mesh pallet 1100 × 1100 × 1000 mm)와 업체에서 일반적으로 사용하는 톤백(PP, PE, 1050 × 1050 × 800 mm)이다..

2. 저장 조건

저장 전 양파의 품온을 낮추는 작업인 예냉을 위해 모든 시료는 본 저장실험 전 동일한 저온저장고에서 저온처리하였다. 양파 예냉을 위해 저온저장고 설정온도는 Fig. 2에서처럼 10°C이하부터 최종 저장온도인 0.0°C에 도달할 때까지 –0.5°C/일씩 낮추었다. 양파의 예냉과정 중 온도와 상대습도는 양파가 담긴 톤백 중앙부분에 데이터로거(TR-72Ui, T&D Corporation)를 설치하여 10분 단위로 측정하였다.

본 저장실험에서는 예냉처리를 완료한 양파를 톤백과 철망파렛트에 각각 500 kg씩 담아 저온저장고에 톤백과 철망파렛트를 각각 2개씩 입고하였다. 제습저온저장고에는 철망파렛트에 담긴 양파를 2개 입고하였다. 저온저장고에 입고

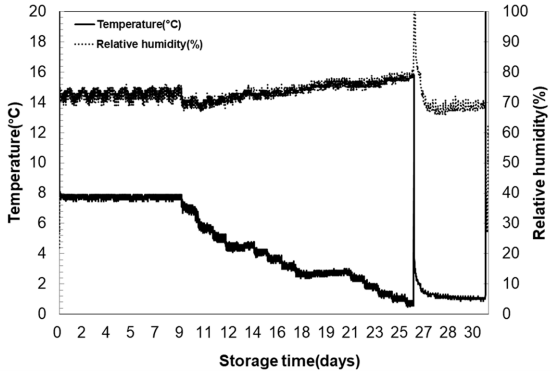

Fig. 2. Changes in storage temperature and relative humidity during onion pre-cooling storage.

Fig. 1. From left to right: ton bag(A), wire mesh pallet(B), cold storage(C) and dehumidification cold storage(D).

한 양파가 적재된 톤백과 철망파렛트는 저장 자재에 따른 양파의 저장성을 확인하기 위한 것이고, 저온저장고의 철망파렛트와 제습저온저장고의 철망파렛트는 저장고 자체의 제습여부에 따른 양파의 저장성을 확인하기 위한 것 이었다.

3. 품질 특성 측정

품질조사는 본 저장이 시작되는 시점을 저장 0일차로 기준하였으며, 품질조사 항목은 중량감소율, 경도, 가용성 고형물 함량, 함수율, 맹아율, 평균발근길이이다. 품질조사는 0일에서 190일로 약 4주 단위마다 진행하였다. 품질조사 항목 중 부패율은 저장기간이 끝날 때 전수조사로 진행하였다. 품질조사용 시료는 Fig. 3(A)처럼 경도, 가용성 고형물 함량, 함수율 등을 측정하기 위해 5지점에서 임의로 샘플링(sampling) 하였고, 중량감소율 측정은 Fig. 3(B)처럼 양파망에 5구씩 담아 3지점에 두고 중량 측정 시 반복 사용하는 고정시료를 사용하였다. 중량감소율은 각 파렛트 3지점 넣어 둔 고정시료를 저울(WZ-2D, CAS)로 중량을 측정하여 식 (1)과 같이 Ahsanuzzaman 등(2017)[1]이 제시한 방법인 계산식으로 구하였다.

$$\text{중량감소율}(\%) = \frac{\text{초기 시료 무게}(g) - \text{저장일별 시료 무게}(g)}{\text{초기 시료 무게}(g)} \times 100 \quad (1)$$

경도는 물성분석기(TX-XT2 texture analyser, Stable micro system Ltd.)를 사용하여 측정하였다. 경도 측정 시 사용된 프로브(Prob) 직경은 5 mm이었으며, 하중재하속도는 25.2 mm/min이었다.

가용성 고형물 함량은 양파 외피 2겹을 제거한 뒤, 믹서기(MQ5135, Braun GmbH)에 분쇄하여 착즙망(Whirl-pak B01248WA, Nasco)으로 착즙한 뒤 디지털 굴절당도계(RX-5000α, Atago)를 사용하여 가용성 고형물을 측정하였다.

함수율은 양파의 겉잎, 겉잎에서 3~4겹에 위치한 중간잎, 정중앙부의 속잎을 조사하였으며, 오븐(DJD-204, Daejin science)에 105°C로 24시간 건조하였다. 함수율은 시료의 건조 전 무게와 건조후 무게를 측정하여 아래 식으로 계산하였다.

$$\text{함수율}(\%) = \frac{\text{건조 전 시료무게}(g) - \text{건조 후 시료무게}(g)}{\text{건조 전 시료무게}(g)} \times 100 \quad (2)$$

맹아율은 양파와 유사한 마늘의 맹아율 측정방법을 사용하였다[2]. 양파를 세로로 절단 후 디지털 캘리퍼스(CD-15APX, Mitutoyo Corporation)로 양파구 전체 길이와 맹아의 길이를 측정하여 구하였다.

$$\text{맹아율}(\%) = \frac{\text{맹아길이}(mm)}{\text{껍질제거구길이}(mm)} \times 100 \quad (3)$$

평균 발근길이는 처리 별로 무작위로 선출한 10개 양파의 각 구에서 발근된 뿌리의 길이를 조사하여 평균 낸 값이다. 부패율은 저장 마지막 일자에 전수조사로 진행하였으며, 전체시료 무게 중 부패발생구 무게의 비율로 확인하였다.

4. 통계처리

모든 실험은 3회 반복하였으며, SPSS(IBM SPSS Statistics 20.0, IBM SPSS Co.) 프로그램을 사용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 수행하였다. 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 평균값 사이의 통계적 유의성은 Duncan's multiple range test($p<0.05$)로 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 저장 환경

온습도 데이터로거로 양파가 적재된 저온저장고의 톤백, 철망파렛트와 제습저온저장고의 철망파렛트의 내부 온습도를 측정한 결과 Fig. 4처럼 저온저장고의 톤백 내 온도는 평균 0.9°C, 저온저장고의 철망파렛트은 평균 0.7°C, 제습저온저장고 철망파렛트는 평균 0.6°C로 나타나 톤백의 내부온도가 철망파렛트보다 0.2~0.3°C 높은 것으로 나타났다. 양파가 적재된 물류자재 내 내부온도가 올라가면 호흡대사가 상대적으로 더 발생하게 되어 가용성 고형물 함량 감소, 맹아 및 발근이 발생이 더 빨라진 것으로 판단된다. 습도의 경우 평균 모든 처리구가 평균 99.0%로 나타났지만 99.0%로 도달되는 시간이 저온저장고의 톤백은 24일, 저온저장고의 철망파렛트와 제습저온저장고의 철망파렛트는 85일으로 나타났다. 이는 철망파렛트가 톤백보다 통풍이 더 원활하여 상대습도가 99.0%까지 도달하는 시간이 많이 소요되었음을 알 수 있고, 통풍이 잘 되어 상대적으로 온도가 낮게 나타났음을 알 수 있다.

Fig. 3. Random sampling for quality investigation(A) and fixed samples for weight loss rate measurement(B).

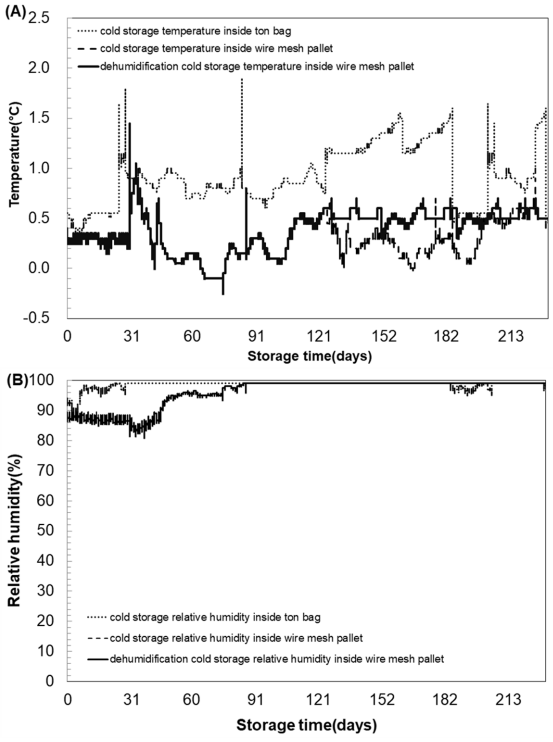

Fig. 4. Temperature(A) and humidity(B) changes during storage.

2. 품질특성

중량감소율은 Fig. 5처럼 저온저장고의 톤백이 저온저장고의 철망파렛트. 제습저온저장고의 철망파렛트보다 약 2배 높게 나타났으며, 저장 129일차 이후부터 중량감소율은 완만하게 진행되었다. 이는 여러 가지 요소가 복합적으로 작용한 결과로 보인다. 우선 양파의 수분함수율 변화를 보면 Fig. 8 (A)그래프에서 양파 외피의 건조가 저장 98일부터 거의 진행되지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 저장 중 건조로 인해 양파의 외피가 보호막과 같은 역할을 하여 양파의 중간부분 및 내부인편의 수분증발 감소에 영향을 주었기 때문이다. 또한 Fig. 10에서 평균발근길이 변화가 129일부터 나타났고 이를 통해 발근이 생성되기위해 양파 내부의 대사활동이 활발해지면서 상대적으로 수분증발이 많이 발생되었고, 복합적인 양파의 생리변화에 따라 저장 0일에서 129일차까지 중량감소율이 급격히 증가된 것으로 판단된다.

경도의 경우 Fig. 6처럼 저장 0일부터 56일까지는 경도가 증가하였다가 저장 56일 이후부터 모든 처리구들이 일정하게 유지되는 모습을 나타내었다. 저장 56일차 이전의 경도 값 증가는 Fig. 8(A)의 양파 외피의 수분함수율이 저장 56일차까지 감소하여 양파의 외피 건조현상으로 조직이 단단해짐에 따른 결과로 사료된다. 저장 56일차 이후부터 양파의 경도가 일정하게 유지되는 모습을 보였으며, 양파 저장처리별 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 Kwon과 Lee[9]의 실험결과에서 경도가 저장 8.5개월까지 처리구간 유의한 차이가 나지 않았다는 것과 동일한 결과를 보였다. 저장 56일차 이후 양파의 경도가 일정하게 유지되는 모습은

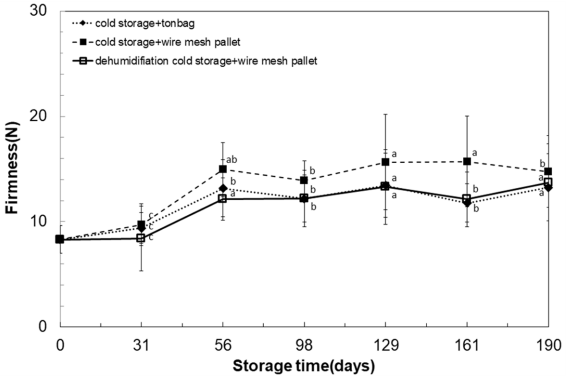

Fig. 6. Firmness change according to storage time. Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

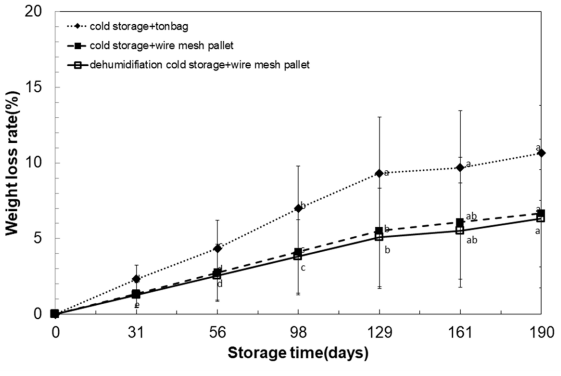

Fig. 5. Weight loss rate change according to storage time. Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

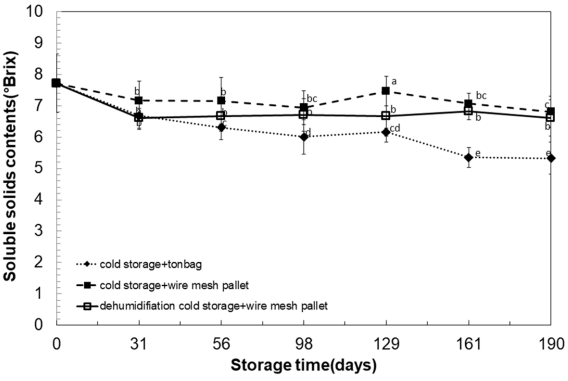

Fig. 7. Soluble solids contents change according to storage time. Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

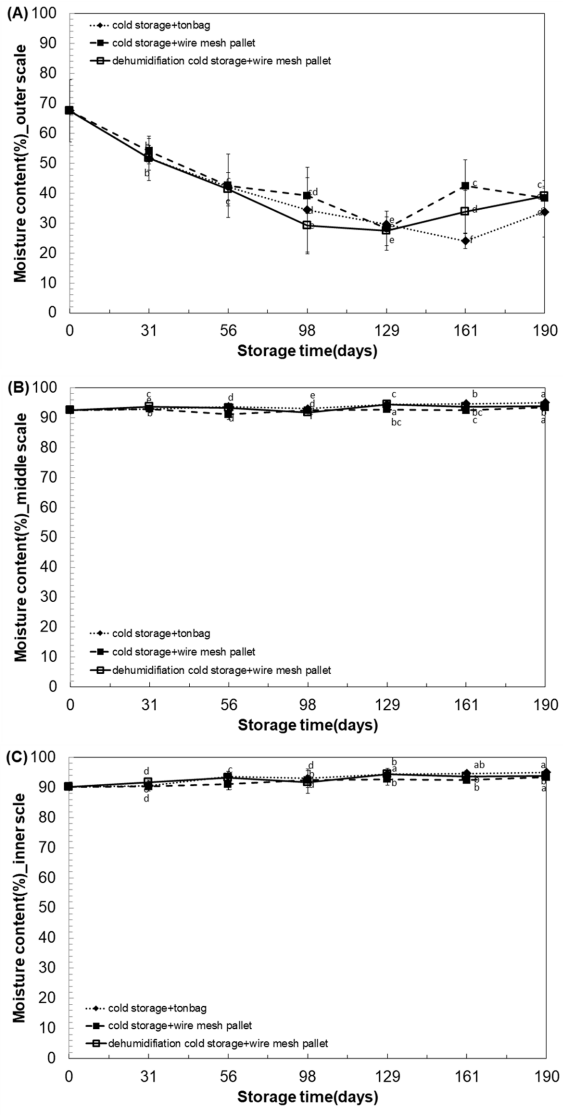

Fig. 8. Changes in moisture content by onion part(A: outer, B: middle, C: inner) Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Fig. 8(A)의 양파 외피의 수분함수율에서 저장 56일차이후 유지되는 모습을 통해, 저장 56일차에 양파의 외피 건조가 일정 수준에 도달하였고 이에 따라 건조된 외피가 얇은 보호막과 같은 역할을 하게 되면서 내피의 증산을 억제하여 나타난 결과로 보인다.

가용성 고형물 함량은 Fig. 7처럼 저장 129일 이후부터 저온저장고의 톤백에서 감소하는 모습을 보였으며, Kwon과 Lee[9]의 결과와 마찬가지로 저장 2.5개월 전까지는 저장 전과 유사하였지만 저장기간이 경과하면서 감소하는 비슷한 결과가 나타났다. Cho 등[3]이 맹아신장으로 인해 당분해 작용이 활발히 일어나 당함량의 감소가 일어난다고 한 것과 동일한 결과이다. 본 실험에서는 Fig. 10에서 평균발근길이 변화가 나타나는 시점과 가용성 고형물 함량이 감소하는 시기가 저장 129일로 동일하게 나타났으며, 이를 통해 발근생성이 활발해지면서 발근생성에 필요한 가용성 고형물을 소비가 촉진되어 나타난 결과로 판단된다. 처리구별로 비교해 보았을 때 저온저장고의 톤백이 다른 처리구보다 가용성 고형물 함량 감소가 크고 평균발근길이가 길게 나타났다. 이와 달리 철망파렛트의 경우 톤백보다 상대적으로 원활하게 통기가 됨으로써 Fig. 4(A)에서처럼 저온저장고의 톤백보다 상대적으로 내부온도가 낮아지고, 이로 인해 호흡대사가 억제되어 가용성 고형물함량이 유지된 것으로 판단된다.

양파의 함수율은 Fig. 8처럼 양파의 측정부위에 따라 다른 결과가 나타났다. 외피인 겉잎은 56일까지 감소하는 모습을 보인 것과 다르게 내피 부분인 속잎과 중간잎은 90%의 수분함수율을 그대로 유지되는 경향을 보였다. 또한 양파 외피의 수분함수율이 56일 이후 일정하게 유지되는 모습을 보이나 129일차에 감소하였다가 161일차에 다시 증가하는 모습을 보이는 것처럼 균일하게 유지되는 모습은 나타나지 않았는데, 이는 동일한 저장조건이라 할지라도 양파 낱개 시료간 품질차이로 인해 나타난 것으로 보인다. 이는 Opara와 Geyer[14]의 결과와 마찬가지로 양파의 외피 수분이 감소하면서 내피를 신선하고 단단한 상태로 유지하는 유사한 결과를 보였다.

맹아율의 경우 Fig. 9처럼 저온저장고의 톤백은 56일부터 발생한 반면, 저온저장고의 철망파렛트, 제습저온저장고의 철망파렛트에서는 98일부터 발생하였다. 저장 190일차에는 저온저장고의 톤백이 저온저장고의 철망파렛트보다는 약 2.5배, 제습저온저장고의 철망파렛트 보다는 약 4배정도 높게 나타났다. 이는 Petropoulos 등[15]에 따르면 저장온도는 맹아생장에 영향을 끼치며, 양파의 휴면 초기단계에서 맹아 및 발근이 나타나고, Opara와 Geyer[14] 또한 뿌리 없는 양파구

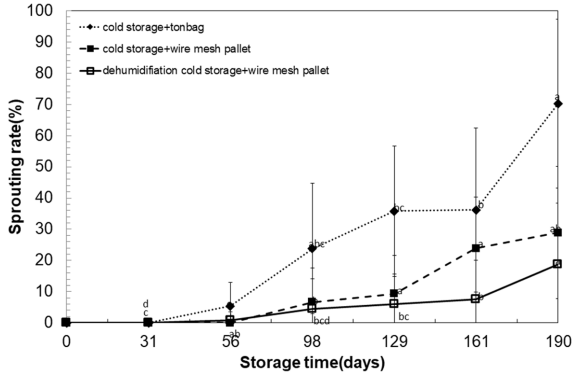

Fig. 9. Sprouting rate according to storage time. Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

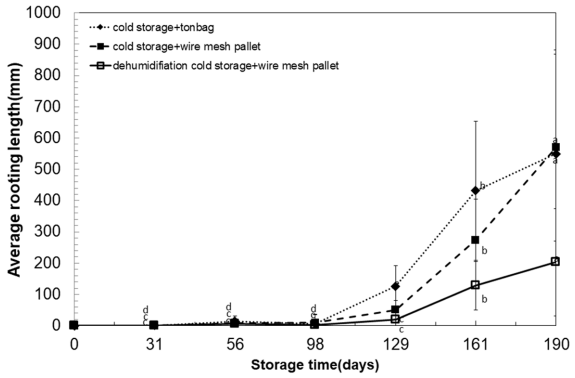

Fig. 10. Average rooting length according to storage time. Values are mean±SD (n=30). Different superscript letters on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

는 0°C보다 낮거나 30°C보다 높을 때 맹아 생장이 늦어진다고 하였다. 이를 고려하였을 때 상대적으로 저온저장고의 톤백의 맹아율이 높은 이유는 저장 중 톤백 내부온도가 다른 처리구보다 평균적으로 0.2~0.3°C 높아서 나타난 결과로 사료된다.

Fig. 10에서 평균발근길이 변화가 129일부터 나타났으며, 저온저장고의 톤백이 다른 처리구보다 약 2~3배 높게 나타났다가 190일차에 저온저장고의 철망파렛트와 비슷한 값을 가졌다. 제습저온저장고의 철망파렛트는 다른 두 처리구보다 약 0.3배 더 낮은 값을 가졌다.

부패율의 경우는 저장 231일차에 전수조사를 한 결과, 저온저장고의 톤백은 11.69%, 저온저장고의 철망파렛트는 7.29%, 제습저온저장고의 철망파렛트는 4.43%이었다.

실험결과 접철식 철망파렛트 처리구가 톤백보다 저장 중 품질유지에 효과적이었으며, 저온저장보다는 습도관리가 되는 제습저온저장고에서 맹아율이나 평균발근길이, 부패율이 낮게 나타나 장기저장에 효과적이었다.

결 론

본 연구에서는 기계 수확한 양파를 접철식 철망파렛트에 적재 저장한 방식와 기존 톤백이용 저장 방식과 저장성을 비교 분석하였으며, 또한 저온저장고와 제습저온저장고와 같은 저장고 형태별 저장효과를 비교하여 보았다. 최종 저장온도는 0.0°C이며 톤백, 철망파렛트의 중앙부분에 온도를 측정한 결과, 저장기간 동안 저온저장고의 톤백 내부의 온도는 다른 저온저장고의 철망파렛트와 제습저온저장고의 철망파렛트의 경우보다 0.2-0.3°C 높은 것으로 나타났다. 중량감소율은 저온저장고의 톤백에서 저온저장고의 철망파렛트. 제습저온저장고의 철망파렛트에서 보다 약 2배 높게 나타났다. 경도는 모든 처리구들이 일정하게 유지하는 모습이 나타났으며, 가용성 고형물 함량은 129일이후부터 저온저장고의 톤백에서만 감소하는 모습을 보였으며, 저온저장고의 철망파렛트와 제습저온저장고의 철망파렛트에서는 가용성 고형물 함량을 유지하는 모습을 보였다. 함수율은 처리구와 상관없이 외피인 겉잎은 30~40%로 98일까지 감소하는 모습을 보였으며, 내피 부분인 속잎과 중간 잎은 90%의 수분함수율을 그대로 유지되는 경향을 보였다. 맹아율은 저온저장고의 톤백에서 56일부터 발생한 반면, 저온저장고의 철망파렛트, 제습저온저장고의 철망파렛트에서는 98일부터 발생하였다. 저장 190일차에는 저온저장고의 톤백에서 저온저장고의 철망파렛트에서 보다 약 2.5배, 제습저온저장고의 철망파렛트에서 보다 약 4배정도 높게 나타났다. 평균발근길이는 저온저장고의 톤백에서 다른 처리구보다 약 2-3배 높게 나타났다가 190일차에 저온저장고의 철망파렛트와 비슷한 값을 가졌다. 제습저온저장고의 철망파렛트에서는 다른 두 처리구보다 약 0.3배 더 낮은 값을 보였다. 부패율의 경우 231일차에 전수조사한 결과 저온저장고의 톤백에서 11.69%, 저온저장고의 철망파렛트에서 7.29%, 제습저온저장고의 철망파렛트에서 4.43%로 나타났다.

실험결과 접철식 철망파렛트 처리구가 톤백보다 중량감소율, 가용성 고형물 함량 등에서 저장 중 품질유지에 효과적이었으며, 저온저장고보다는 습도제어가 되는 제습저온저장고에서 맹아율이나 평균발근길이, 부패율이 낮게 나타나 장기저장에 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01675501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Ahsanuzzaman M, Sarker MM, Hasan R, Muqit A, Doullah MAU. Assessment of weight loss of onion in storage due to fungi. J. Sylhet Agril. Univ. 4(1), p95-100 (2017).
2. Bae RN, Choi SY, Hong YP. The qualities of northern and southern ecotype garlic bulbs at different storage temperature. Korean Journal of Food Preservation. 15(5), p635-641 (2008).
3. Cho JE, Bae RN, Lee SK. Current research status of postharvest technology of onion. Korean. J. Hort. Sci. Technol. 28(3), p522-527 (2010).
4. Downes K, Chope GA, Terry LA. Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropene either before or after curing affect onion (Allium cepa L.) bulb quality during long term cold storage. Postharvest Biology and Technology. 55, p36-44 (2010).
5. Hwang DS, Kim HM, Gang SC. When storing onions, ozone treatment prevents spoilage and improves storage. The

Korean Society for Biotechnology and Bioengineering. 11, p441-442 (2000).
6. Kim HG, Lee HJ, Park MH, Shin DH. The effect of fumigation on physiological changes in onions. Korean Journal of Food Preservation. 18(1), p6-10 (1986).
7. Kwon JH, Lee GD, Byun MW. Quality changes based on storage temperature and humidity of onion. Korean J. Postharvest. Sci. Technol. 6(2), p143-147 (1999).
8. Kwon YD. Beneficial effects of ton-bag and wire-steel pallet on postharvest handling of onion nd the cost evaluation. Korean Journal of Food Preservation. 24(7), p915-922 (2017).
9. Kwon YK, Lee YJ. Effects of impact by mechanical harvesting on storability of onions. Korean Journal of Food Preservation. 30(5), p811-821 (2023).
10. Korea Rural Economic Institute. Agricultural outlook 2024 Korea. E04-2024, p345-353.
11. Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK. Effects of loading method to improve storage quality under room temperature in oion. Korean Journal of Food Preservation. 9(3), p282-286 (2002).
12. Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Kim UI, Suh JK. Effects of ventilation condition and ventilating hole sizes to improve quality onion(*Allium cepu. L*) under room temperature. Korean J. Food Preserv. 8(4), p356-361. (2001).
13. Lee HY, Song SH, Kim SW, Woo BJ. An analysis of garlic and onion storage companies' characteristics affecting decision on the cold storage period. Korean Journal of Food Marketing Economins. 34(2), p43-61 (2018).
14. Opara LU, Geyer M. CIGR Handbook of agricultural engineering. Agro-Processing Engineering. 4, p125-156 (1999).
15. Petropoulos SA, Ntatsi G, Ferreira I.C.F.R. Long-term storage of onion and the factors that affect its quality: A critical review. Food Reviews International. 33(1), p62-83 (2017).
16. Park SJ, Laksana AJ, Effects on the quality characteristics of onions by various packing and loading types during cold storage. Korea Society of Packaging Science and Technology. 30(2), p141-147 (2024).

투고: 2024.11.13 / 심사완료: 2024.11.29 / 게재확정: 2024.12.04