KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 30, No. 2 141~147 (2024)
https://doi.org/10.20909/kopast.2024.30.2.141

포장 및 적재 방법이 저온 저장 양파 품질 특성에 미치는 영향

박세진[1,2] · Andri Jaya Laksana[1,3] · 김지영[1] · 김병삼[1]*

[1]한국식품연구원 안전유통연구단
[2]전남대학교 융합식품바이오공학과
[3]충남대학교 바이오시스템기계공학과

Effects on the Quality Characteristics of Onions by vArious Packing and Loading Types During Cold Storage

Se-Jin Park[1,2], Andri Jaya Laksana[1,3], Ji-Young Kim[1], and Byeong-Sam Kim[1]*

[1]Food Safety and Distribution Research Group, Korea Food Research Institute (KFRI)
[2]Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University
[3]Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University

Abstract The objective of this study was carried to compare the effects of different packaging and loading materials and types on the cold storage of onions. The research was conducted for over a period of six months. Onions were divided into three groups based on the packaging materials and types: mesh bag (control), ton bag (TB), and wire mesh pallet (WMP). Parameters such as moisture content (%), total soluble solids (ºBrix), Hunter-color value, rotting rate (%), and hardness (g/force) were measured and analyzed. The results of the experiment demonstrated that there was no significant differences in onions' quality between TB and WMP and the control, respectively. This study showed that TB and WMP can be used as an alternative to controls to extend the storage-life of onions and keeping quality during long-term cold storage. Furthermore, WMP packing and loading type could be replaced to conventional storage method with better efficiency in logistics of smart APC (agricultural product processing center).

Keywords onion, cold storage, loading, packing, smart APC

서 론

양파는 국내에서 재배 생산되는 대표적인 조미 채소의 하나로 종래에는 밭에서 수확한 다음 간이 예건 등의 처리를 거쳐 저장하거나 그물 망대에 담아 상온 유통 판매되어 왔으나 플라스틱 포장용기에 단위 포장하여 저온 유통하는 형태의 상품이 점차 늘고 있다(Hong)[1]. 양파는 품종에 따라 맛, 형태, 색깔, 저장성 등이 다양한데, 조생종은 대체로 매운맛이 약하고 당 함량이 낮으며 수분함량이 높아 저장력이 떨어지는 반면, 중/만생종은 매운맛이 강하고 당 함량이 높으며 저장력이 강해 주로 장기저장용으로 재배된다. 조생종은 전남 무안, 해남, 고흥 등 남해안 지역에서 재배되며, 중/만생종은 영남 내륙지방에서 재배되고 있다(Jo 등)[2]. 양파는 수확하여 2-3일간 건조시킨 후 주로 그물망에 담아 운반 저장한다. 양파는 일부를 제외하면 대부분이 생과로 유통되며, 유통 기간 중 생리작용이 계속해서 일어난다. 양파의 저장성을 향상시키기 위해 건조, 저온저장, 큐어링 처리 등이 연구되어왔다(Eum 등)[3]. 저온유통 식품은 산지부터 소비자 식탁에 이르기까지 유통과정 및 매장에서의 상품 손실을 줄일 수 있는 장점이 있다.

신선농산물에 대한 저온처리는 생리대사작용을 억제하여 품질의 변화 및 영양 성분의 파괴를 억제하고, 호흡작용을 느리게 하여 품온의 상승을 막을 수 있다. 또한, 병원성미생물의 번식, 생장이 억제되고 감염과 병해의 진전에 억제되며, 에틸렌 생성 및 이에 대한 감수성이 감소하여 추숙이나 노화가 억제되어 생리장애 발생을 줄일 수 있다(Han) [4].

농산물은 장기저장을 위해 저온 저장을 실시하는데, 양파

*Corresponding Author: Byeong-Sam Kim
Korea Food Research Institute, 245, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, Republic of Korea
Tel: +82-063-219-9142
E-mail: bskim@kfri.re.kr

의 경우 대부분 저온저장고에 보관 시 벌크, 망, 선반, 트레이 등을 이용하여 저장고 내에서 저장하고 있다. 포장은 농산물의 보관 및 유통과정 중 물리적인 충격으로부터 보호해주는 역할을 할 뿐만 아니라 병충해 및 미생물 등에 의한 오염, 온·습도에 의한 변질을 방지하여 농산물의 선도를 유지시키는 기능을 한다(Park 등)[5]. 적재 상태에 따라 저장고 내 온·습도가 달라지며 그에 대한 조절 방법도 달라진다. 양파는 수확 시 20 kg 그물망을 사용하여 포장, 운반, 하역, 저장 그리고 출하하고 있으며 이런 관행 수확 작업은 산지 물류·하역의 과도한 인력이 투입되어야 하며 저온 저장 이후에도 부패된 양파를 선별하기 위해 그물망을 해체하여 선별 후 재포장하는 비효율적인 작업을 하고 있다. 또한 취급 과정에서 양파에 물리적 충격을 주어 품질에 영향을 주며, 플라스틱 상자, 철제파레트에 비해 압상 위험이 높게 된다.

상하차 작업에서는 관행적인 망포장 형태의 수확은 밭에서 도로까지 인력으로운반하는 작업이 필요하나, 메쉬 톤백 수확 작업으로 대체하면 기계화가 가능하여 인력으로 운반하는 작업이 필요가 없으며, 90.5%의 노동시간 절감 효과 및 노통 투입시간이 그물망보다 50.1% 절감 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 톤백과 벌크 철제파렛트 적용시 관행망 작업보다 투입비용이 24.5% 절감하는 것으로 보고되어 있다. 그러나 현재 수확용 톤백 및 벌크 저장용 철제파렛트의 개발 및 저장성을 비교하고 그에 따른 노동투입시간 및 소요비용 평가에 대한 연구만 있는 실정이다(Kwon)[6]. 따라서 본 연구에서는 스마트 APC에 적용이 가능하도록하기 위하여, 양파 수확 작업의 저비용 및 고효율화와 장기 저장을 위해 그물망 대신 톤백과 와이어 메쉬 파레트로 포장 및 적재하여 운반, 적재 작업을 기계화하여 저장하는 방식을 도입하고자 저온저장 중 3가지 포장, 적재 방식별 양파의 저장 품질 특성 변화를 비교하고, 저장을 위한 적절한 포장재를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 저장 조건

본 실험에 사용된 양파(*Allium cepa.* L)는 전라남도 무안에서 재배되어 2023년 6월 16일 수확한 '킹콩' 품종을 선택하였다. 수확된 양파는 산지에 저장 및 유통 중 사용하는 그물망을 이용하여 20 kg씩 포장하여 관행 철제파레트(1,300 × 1,300 × 1,900 mm, L*W*H)에 64망씩 적재하였으며, 이를 대조군(CON)으로 하였고, 톤백(TB)은 폴리프로필렌으로 제작된 포대(900 × 900 × 1,100 mm, L × W × H)를 사용하여 상단 400 kg, 하단 500 kg씩 적재하였으며, TB 상부는 고리 형태로 지게차로 운반이 가능한 구조로 하였다. 와이어메쉬파레트(WMP)는 와이어 굵기는 6 mm이며,) 는 메쉬 간격은 50 × 50 mm로 전체 1100 × 1100 × 1100 mm (L × W × H)로 양파를 약 500 kg씩 적재하여 저장하며 비교 분석하였다. 각 포장 및 적입 방법을 달리한 양파는 Fig. 1과 같이 저장하였다.

저장고의 온도는 0~1℃로 설정하였고 입고 후 저장고의 상대습도는 60-85%RH를 나타내었으며, 저장고의 온도는 Data logger (TR-52i, T&D Co., Tokyo, Japan)를 사용하였으며 습도는 Data logger (TR-72, T&D Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 1시간 주기로 측정하였다.

1.1. 수분함량

양파의 외피 2-3겹을 제거 후 가식부위를 절단하여 약 2 g을 칭량 후 105℃ 상압가열건조법으로 건조오븐(HK-DO135F, Hankook machine, Hwaseong, Korea)을 이용하여 양파의 건조 중량이 항량이 될 때까지 건조하여 4회 반복 측정하였다.

1.2. 가용성 고형분 함량

양파의 가용성 고형분 함량은 양파의 가식부위를 절단하여 블렌더(HMF600, Hanil Global Tech Co., Seoul, Korea)로 1분간 마쇄 후 상층액을 취하여 디지털 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 4회 측정한 후 °brix로 표시하였다.

1.3. 색도

양파의 색도는 외피의 측면 중앙 부위를 색차계(CM-700d, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 일정하게 15회 측정하였다. 측정 전 표준백판(L = 99.29, a = –0.09, b = –0.12)으로 보정 후 사용하였으며 L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), b (yellowness, 황색도) 값으로 나타내었다.

1.4. 경도

양파의 경도는 외피를 제거한 양파를 절반으로 절단한 후 Texture analyzer (TA-XT Express, Stable Micro System, Godalming, UK)를 사용하여 양파의 측면 중앙 부분을 15회 측정하였다. 측정 조건은 probe 5 mm를 사용하였으며 pre-test speed 2.00 mm/sec, test speed 2.00 mm/sec, post-test speed 2.00 mm/sec, distance 15.00 mm, trigger force 5.0 *g*이었다. 총 15회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

1.5. 관능검사

관능검사는 Liu와 Li[7]를 활용하여 분석에 이용하였다. 훈련된 요원 5명을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 양파 외관을 평가하였다. 평가항목은 외관(표피색택, 발아, 발근, 위조), 부패병(잿빛곰팡이병, 무름병, 검은곰팡이병, 마름썩음

Fig. 1. Onions with different packing and loading.

병 등) 그리고 종합평가 overall acceptance로 상품성(marketability)을 매우 좋다:9점, 좋다:7점, 보통이다(cut-off):5점, 나쁘다(non-edible):3점, 매우 나쁘다:1점으로 하였다. 또한 외피 제거 전과 후의 양파의 외관을 관찰하여 기간별 상태 변화를 영상이미지로 비교하였다.

1.6. 통계처리

모든 분석 결과는 SPSS 프로그램(SPSS version 20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(One way-ANOVA)을 실시하였으며, Duncan의 다중범위 시험법으로 유의수준 5%에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 저장고의 온·습도 변화

Fig. 2는 저온저장고에 양파를 적재 후 온·습도 변화를 나타낸 그래프이다. 저장고 내부의 습도는 80.40±6.94%RH를 유지하였으며, 온도는 1.58±1.53°C를 유지하였다. 저장 초기 온도가 설정 온도보다 높게 나타나는데 이는 큐어링 과정으로 인한 온도 차이가 발생하였다. 큐어링 이후 저장고 온도는 40일 이후 설정 온도에 도달하는 것을 확인할 수 있었다.

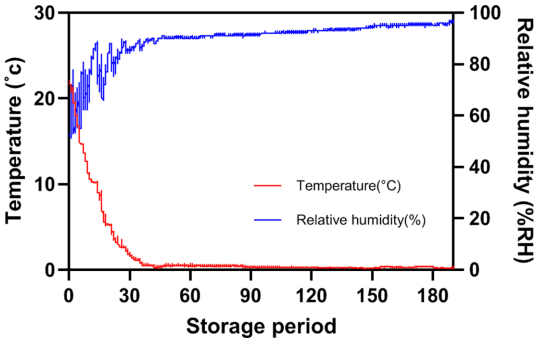

Fig. 2. Changes in temperature and relative humidity in onion cold storage during storage.

2. 수분함량

저장기간 및 적재 방법에 따른 양파의 수분함량 변화는 Fig. 3과 같이 나타내었다. 저장 0일차 양파의 수분 함량은 90.68%였다. 저장 180일 후 CON, TB, WMP는 각각 89.95%, 91.59%, 91.10%였으며 각 적재 방법에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. Seo[8]의 연구에 따르면 수확 후 양파의 수분함량은 90.3%, 89.5%인 결과와 본 실험에서 사용된 양파의 수분함량 결과는 큰 차이가 없었다. 저장기간동안 일정 수준의 수분함량을 유지하였는데 이는 Kwon 등[9], Cho 등[10]의 연구결과와 유사하였다. 또한 저장기간 중 저장고 내 상대습도가 80~90%RH로 고습도에 해당하여 수분함량이 유지된 것으로 판단된다.

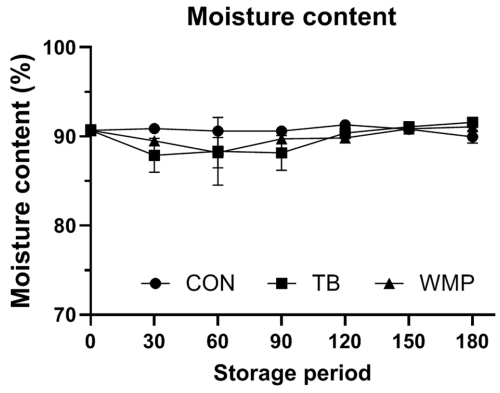

Fig. 3. Changes in moisture content of onions during storage at different packaging during storage.
All values are expressed as mean ± standard deviation as four repeated.
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet.

3. 가용성 고형분 함량

Table 1은 양파 포장 및 적재방식을 달리하여 저장한 양파의 가용성 고형분 함량 변화를 나타낸 표이다. 수확 후 양파의 가용성 고형분 함량은 8.00 ºbrix였다. 같은 지역에서 재배된 타 품종의 황색 양파(*Tank, Bomul, Gujji*)를 수확 후 가용성 고형분 함량을 측정한 결과 8.08-8.71ºbrix였다. 적색 양파(*Cobra, Hongbanjang*)에서는 8.18-9.20ºbrix를 보였다(Kim 등)[11]. 수확 후 양파의 초기 가용성 고형분 함량은 같은 색상의 양파에서 유사한 결과를 보였다. 저장 종료 후 TB를 제외한 CON과 WMP에서 가용성 고형분 함량이 증가한 것을 확인할 수 있었으나 전체적으로 샘플별 유의적 차이는 없는 것을 확인하였다. 저장 종료 후 가용성 고형분 함량의 변화는 저장 중 표면의 수분 증발, 호흡, 증산작용에 따른 현상으로 보이며, 본 연구의 결과는 Zudaire 등[12]의 결과인 저장 기간 종료 후 12.5%에서 16.0%로 증가한 결과와 비슷한 경향을 보였다.

4. 색도

색도는 소비자 구매 선호도에 영향을 주는 요인 중 하나이다. 양파의 색도 변화는 Fig. 4와 같이 나타났다. 포장재에 따른 양파의 색도는 유의적 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 Downes 등[13], Sharma 등[14]과 유사하였으며 이러한 결과는 저장 온도에 의한 영향을 미치며 또한 안토시아닌, 글루코사이드와 플라보노이드 함량 변화도 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 경도

경도는 채소의 식감과 관련 있는 인자 중 하나이다. 양파 수확 후 초기 경도는 31.73 N였으며, CON은 150일 28.59 N

Table 1. Changes in total soluble solid content of onions with different packaging during cold storage (unit: ºBrix)

Storage period	CON	TB	WMP
0	8.00 ± 0.29bc	8.00 ± 0.29ab	8.00 ± 0.29a
30	8.10 ± 0.05bc	8.50 ± 0.00b	8.80 ± 0.32b
60	7.70 ± 0.34abc	8.50 ± 0.81b	8.30 ± 0.46ab
90	7.50 ± 0.12ab	9.20 ± 0.06c	8.10 ± 0.17a
120	7.10 ± 0.52a	8.30 ± 0.32b	8.90 ± 0.95b
150	8.20 ± 0.32c	8.30 ± 0.25b	8.60 ± 0.35ab
180	9.00 ± 0.72d	7.50 ± 0.44a	8.20 ± 0.20ab

All values are expressed as mean ± standard deviation as four repeated.
Different letters (a-d) in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet.

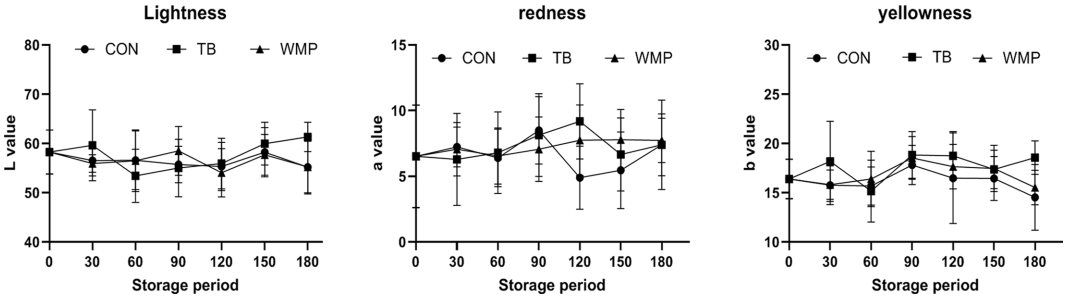

Fig. 4. Change in Hunter color value of onions with different packaging during cold storage.
All values are expressed as mean ± standard deviation as fifteen repeated.
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet.

Table 2. Changes in hardness of onions with different packaging during cold storage (unit: N)

Storage period	CON	TB	WMP
0	31.73 ± 3.48b	31.73 ± 3.48cd	31.73 ± 3.48c
30	30.01 ± 6.72ab	28.53 ± 2.32b	29.32 ± 3.32b
60	30.44 ± 2.80ab	32.15 ± 3.81d	30.84 ± 1.82bc
90	27.82 ± 4.34a	28.37 ± 2.66b	26.82 ± 3.23a
120	28.65 ± 4.46ab	28.31 ± 2.93b	26.32 ± 2.61a
150	28.59 ± 4.94ab	29.54 ± 4.85bc	26.58 ± 2.39a
180	27.57 ± 5.14a	25.77 ± 1.86a	26.79 ± 2.60a

All values are expressed as mean ± standard deviation as fifteen repeated.
Different letters (a-d) in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet.

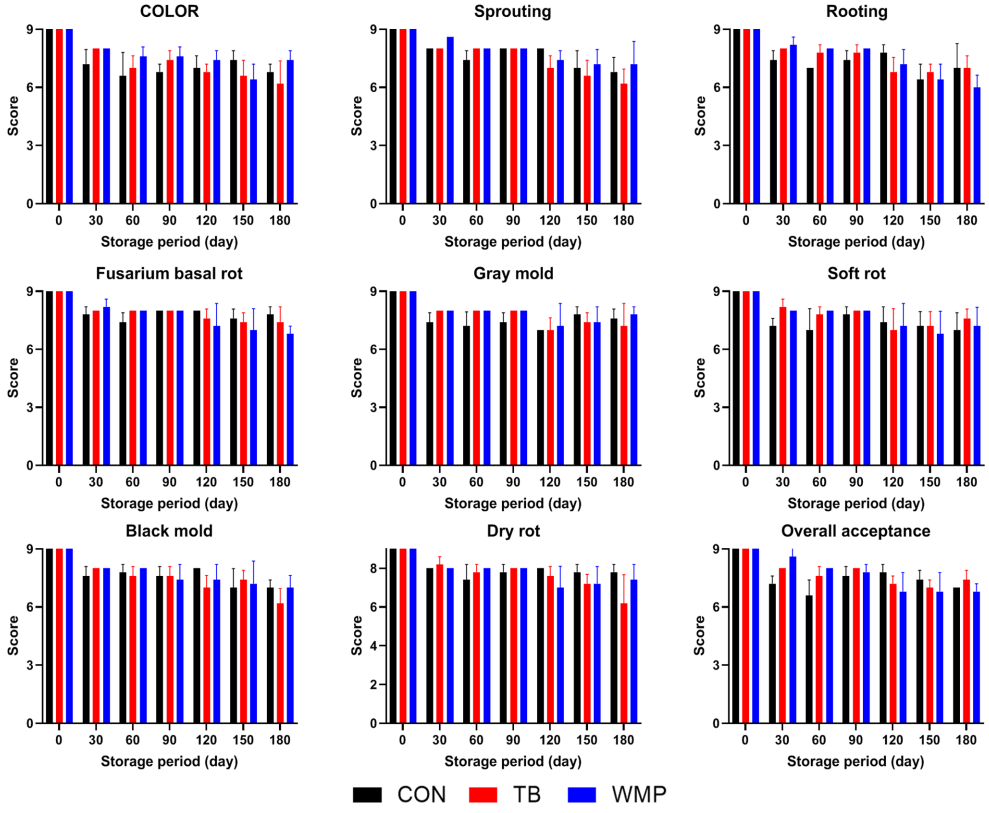

Fig. 5. Changes in sensory evaluation of onions with different packaging during storage
All values are expressed as mean ± standard deviation (n = 5).
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet.

으로 유의적 차이가 관찰되지 않았다. WMP는 저장 90일 후 26.82 N으로 유의적으로 감소한 것을 확인할 수 있었다. TB는 저장 90일 후 28.37 N으로 크게 감소한 것을 확인하였으며, 이는 150일까지 비슷한 수준을 유지하였다. 포장 및 적재 방법에 따른 경도 비교한 결과 저장 초기와 비교 시 저장 180일 후 유의적으로 감소하였다. 실온과 1℃에서 저장한 양파의 경도 변화는 저장 초기 99.8 N에서 저장 20주(140일) 후 각각 82.5 N과 86.4 N으로 감소한 것을 확인할 수 있었으며(Jo와 Surh)[15], Kwon과 Lee[16]도 같은 결과를 보였다. 양파의 수분함량 또는 저장기간 중 호흡 및 증산작용에 의한 결과로 경도가 낮아진 것으로 판단된다.

6. 관능검사

Fig. 5는 적재 방법에 따른 양파의 저장기간별 관능검사 결과를 나타내었다. 저장 0일차를 보면 9점으로 상품성이 우수한 것을 확인할 수 있었으며 저장 중 품질저하의 원인 중 하나인 연부병, 뿌리흰곰팡이, 발근 등은 저장기간동안 모든 처리구에서 상품성의 한계점인 5점 이상으로 평가되었다. 통계처리 결과 대조구는 TB와 WMP와 유의적 차이는 관찰되지 않았다. 양파의 외관 변화는 Fig. 6와 같다. CON의 경우 저장 120일까지 외관에 뚜렷한 변화는 발생하지 않았으며 저장 150일 후 검은반점곰팡이 및 연부 현상이 나타난 것을 확인할 수 있었으며, TB의 경우 전체적으로 외관 변화는 저장 초기 상태와 유사한 결과를 보였다.

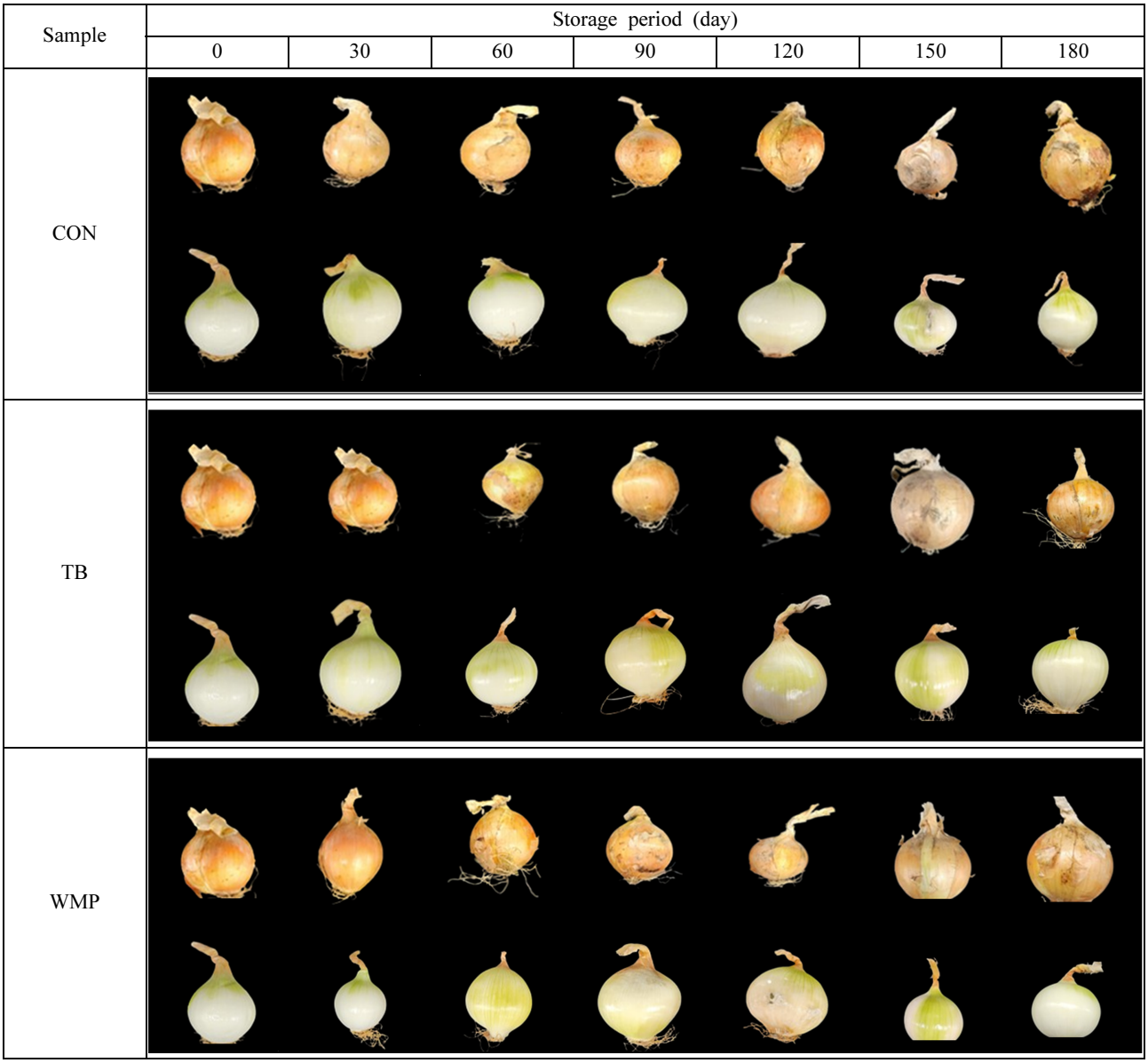

Fig. 6. Changes in appearances of onions during storage at different packaging during storage.
CON: mesh bag, TB: ton-bag, WMP: wire-mesh pallet

WMP는 전체적으로 외관에 이상은 없어 보이나 외피 제거 후의 모습을 관찰한 결과 저장 90일에 마름썩음병, 120일에 무름병 및 곰팡이 현상이 나타난 것을 확인할 수 있었다. 대체적으로 외관검사 시 외피를 제거하지 않은 상태로 확인한 결과와 동일하게 외관 상에서 이상을 발견할 수 없었으나 외피 제거 후 마름썩음병, 곰팡이 증상 등을 확인할 수 있었는데 이를 파악하기 위한 방법이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

스마트 농산물산지유통센터(APC) 도입에 따라 인력 작업 체계를 기계화하고, 양파 수확 작업의 저비용 및 고효율화와 장기 저장을 위해 그물망 대신 톤백(TB)과 와이어메쉬파레트(WMP)로 포장하고 적재하여 저장하는 동안 양파의 수분함량, 경도, 색도, 가용성 고형분 함량, 관능 검사 등 저장성을 비교 분석하였다. 대조군과 비교했을 때 TB와 WMP를 사용한 경우 수분함량, 가용성 고형분 함량, 경도, 색도에서 유의적 차이가 관찰되지 않았다. 외관 변화에 있어 TB는 CON과 비교 시 큰 차이가 없음을 확인하였다. 이는 그물망을 대체하여 TB로 양파를 포장하고 적재 및 저장하는 것이 양파 수확 작업 시 저비용 및 고효율화하고 스마트APC의 공정 개선에 효율적으로 적용할 수 있을 것으로 검토되었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트농산물유통저장 기술개발 사업(과제관리번호 322048-3)의 지원을 받아 연구되었습니다.

참고문헌

1. Hong, S.I., Son, S.M., Chung, M.S., Kim, D.M. 2003. Storage quality of minimally processed onions as affected by seal-packaging methods. Korean J. Food Sci. Tech. 35(6):1110-1116
2. Jo, J.E., Bae, R.N., Lee, S.K. 2010. Current research status of postharvest technology of onion (*Allium cepa* L.). Kor. J. Hort. Sci. Techno. 28(3): 522-527.
3. Eum, H.L., Lee, I.K., Hong, S.J., Park, S.W., Park, Y.M. 2001. Effects of heat predrying treatments on bulb quality of 'Higuma' onion during storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 42(6):703-706
4. Han, G.S. 2021. A study on the development scheme and strategies for advancement of cold chain system of fruits and vegetables in Garak Wholesale Market. Korea Logistics review. 31(1): 39-59
5. Park S.J., Kim J.Y., Laksana A.J., Kim B.S. 2023. Effect of pre-treatment and packaging method on freshness prolongation of spring kimchi cabbage during low temperature. Korean J. Package. Sci. Tech. 29(2):119-128.
6. Kwon, Y.D. 2017. Beneficial effects of ton-bag and wire-steel pallet on postharvest handling of onion and the cost evaluation. Korean J. Food Preserv. 24(7):915-922.
7. Liu. F, Li. Y. 2006. Storage characteristics and relationships between microbial growth parameters and shelf life of MAP sliced onion. Postharvest Biology and Technology. 40(3), 262-282
8. Seo, J.K. 2002. Effects of pre-drying methods on onion bulb rot during storage. Korean J. Food Preserv. 9(3):277-281.
9. Kwon, J.H., Chung, H.W., Lee, J.E., Park, N.Y. 1999. Effect of storage conditions on the quality stability of garlic bulbs. Korean J. Food Preserv. 6(2):137-142.
10. Cho, H.O., Byun, B.W., Kwon, J.H., Yang, H.S., Lee, C.H. 1982. Batch scale storage of sprouting foods by irradiation combined with natural low temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 14(4):355-363
11. Kim, Y.N., Kim, Y.J., Shin, Y.J. 2023. Physicochemical characteristics, organic acid, and sugar compositions in bulb, peel, and root of five onion cultivars. Korean J. Food Sci. Technol. 55(5):398-403.
12. Zudaire, L., Viñas, I., Simó, J., Sans, S., Abadias, M., Aguiló-Aguayo, I. 2019. Effect of pre-harvest conditions and postharvest storage time on the quality of whole and fresh-cut calçots (*Allium cepa* L.). Scientia horticulturae, 249:110-119.
13. Downes, K., Chope, G.A., Terry, L.A. 2009. Effect of curing at different temperature on biochemical composition of onion (*Allium cepa* L.) skin from three freshly cured and cold stored UK-grown onion cultivars. Postharvest biology and technology, 54(2):80-86
14. Sharma, P., Sharma, S.R., Dhall, R.K., Mittal, T.C. 2020. Effect of γ- radiation on post-harvest storage life and quality of onion bulb under ambient condition. JFST. 5:2534-2544.
15. Jo, H.R., Surh, J.H. 2020. Comparison of the antioxidant activities of sulfur-fortified onions stored at room temperature and 1°C. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 49(11):1218-1226
16. Kwon, Y.K., Lee, Y.J. 2023. Effects of impact by mechanical harvesting on storability of onions (*Allium cepa* L.), Korean J. Food Preserv. 30(5):811-821.

투고: 2024.06.17 / 심사완료: 2024.06.26 / 게재확정: 2024.08.01