

고온기 결구상추의 포장재와 포장방법 적용에 따른 선도 비교

이정수* · 최지원 · 김진세¹ · 박미희 · 최현진 · 이윤석² · 김동억³ · 홍윤표 · 김지강

국립원예특작과학원

¹국립농업과학원

²연세대학교

³한국농수산대학교

Application of Different Packaging Methods and Materials for Comparing Freshness of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) harvested in Summer Season

Jung-Soo Lee*, JeeWon Choi, Jin Se Kim¹, Me Hea Park, HyunJinn Choi, YounSuk Lee², Dong Eok Kim³, YuunPo Hong, and Ji-Gang Kim

National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

²Yonsei University, Wonju 26493, Korea

³Korea National College of Agriculture and Fisheries, Wanju 54874, Korea

Abstract Effects of different packaging methods for maintaining the shelf life and postharvest quality of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) were studied after harvesting in summer season. Lettuce heads were packaged in plastic crate with or without different films such as (A) Individual lettuce head sealed packaging with linear low density polyethylene (LLDPE) film; (B) Packaging lettuce head in plastic crate and wrapped with LLDPE film; (C): Individual lettuce head sealed packaging with perforated high density polyethylene (HDPE) film; (D) Packaging lettuce head in plastic crate and wrapped with perforated HDPE; and (E) Packaging lettuce head in plastic crate without any film (control), and stored at 2°C for 35 days. Several quality parameters such as fresh weight loss, SPAD (soil & plant analyzer development) meter value, respiration rate, moisture content and appearance of lettuce were investigated. The lettuce wrapped with individually-sealed LLDPE film showed the lowest weight loss and the highest SPAD value rendering the best appearance index among the treatments throughout the three-week storage period at 2°C. Extending the freshness of iceberg lettuce during low temperature storage will definitely increase the salability potential in the domestic market even during summer season.

Keywords lettuce, packaging, freshness, quality

서 론

결구상추 하절기 생산 제약으로 단경기에 수확 후 저장방

법을 통한 공급 개선이 요구되고 있다. 엽채류에서 원예산물 수확 후 품질 유지를 위해서는 저장·유통 중의 온도관리 하에서 포장을 이용하여 선도를 유지하는 것이 효율적인 방법이다¹⁾. 결구상추(양상추)뿐만 아니라 원예 작물은 하절기 고온과 강우로 인해 생산이 제한되어 공급과 수요가 불안정하므로²⁾, 생산적 방법 이외에 수확 후 관리 기술의 개선을 통해 선도를 유지하고 수급을 원활히 할 수 있는 방법이 필요하다³⁾.

*Corresponding Author : Jung-Soo Lee
National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
Tel : +82-63-238-6511, Fax : +82-63-238-6505
E-mail : ljs808@korea.kr

결구상추는 생산량이 18,826 ton으로 비교적 많은 양채류로서⁴⁾, 향후 소비가 높아질 것으로 전망되며 지속적인 소비가 이루어질 것으로 보인다⁵⁾. 결구상추는 연중 생산이 되지만 국내 하절기 재배 시에는 기온 환경이 적절하지 않아 생산이 고령지로 한정되어 있어⁶⁾, 7~9월 동안에 미국·중국·대만 등에서 많은 양이 수입되고 있는 실정이다. 그러므로 생산적인 방법의 제약을 수확 후 관리를 통한 수급 조절 방안이 필요하다^{7,8)}. 또한 국내 급식 업체에서는 로컬 푸드(local food) 제품을 선호하고 있어 지속적인 수급이 필요하다. 이러한 수요를 맞추기 위해서는 고온기에 수급 조절을 위한 수확 후 관리방법에 의해 충족시킬만한 기술 개발이 요구되고 있다.

결구상추의 품질 유지를 위해서는 수확 후 품온을 떨어뜨리고, 저장온도는 0~5°C, 상대 습도를 95%로 하는 것이 효과적으로 알려져 있으며⁹⁾, 콜드체인과 진공 예냉에 의한 상품성 보존 기술이 연구되고 있다^{10,11)}. 결구상추에 대해 Youn 등¹²⁾의 정식 후 일수에 따라 결구와 품질 변화 연구가 있으며, Bark 등³⁾은 저온저장과 포장에 따른 결구상추의 저장성 유지, 저장이나 유통 중 갈변 현상 억제와 품질 변화에 대한 연구가 수행되어 있으나¹³⁻¹⁶⁾, 국내 저장·유통 환경 하에서 선도 유지를 위한 추가적인 연구를 필요로 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 결구상추 고온기에 국내 저장·유통 환경에서 저장성을 개선할 수 있는 적절한 포장방법을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 결구상추 고온기 수확 후 유통 조사

결구상추(양상추)의 수확에서부터 저장 및 유통 현황을 파악하기 위하여 2016년 6월에서부터 9월까지 강원 횡성 지역의 재배와 유통 현장에서 수확 후 유통 과정을 조사하였다.

2. 재료 및 저장조건

본 연구에서 실험재료는 '유레이크'(평화종묘(주)) 결구상추로 강원도 횡성군 둔내면에서 재배되어 2016년 8월에 수확한 것을 이용하였다. 수확 후 바로 냉장 차량으로 이동하여 국립원예특작과학원의 저장고(서빙고, (주)제일화인테크, 한국)에서 저장온도 2°C, 상대 습도 90% 하에서 저장하였다.

3. 포장재 종류 및 포장방법

본 연구에서 저온 저장시 포장재별 개별 포장과 박스 단위 포장 방법에 따라 저장 특성을 조사하였다.

결구상추의 포장 형태는 현장에서의 유통방법과 Bark 등³⁾, Lee 등¹⁷⁾과 Brecht 등¹⁸⁾의 학술적 결과를 바탕으로 하여, Fig. 1과 같이 국내에서 적용 가능한 저장방법을 이용하였다.

수확한 결구상추의 포장에 이용한 포장재는 high density polyethylene (HDPE) 필름(20 µm, 미세구멍 7.5~10 mm 간격, 태방파텍, 한국)과 linear low density polyethylene (LLDPE) 필름(9.5 µm, (주)크린랩, 한국)을 이용하였으며, 적재는 농산물 유통상자(plastic container, 한얼플라스틱, 445×365×310 mm)를 이용하여 결구상추를 10포기씩 하였다.

포장방법은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 포장재별로 개별 포장과 박스단위로 하였다. 포장방법 A형은 Brecht 등¹⁸⁾의 보고를 참고해 개별적으로 LLDPE 필름으로 포장하여 농산물유통상자(P-box)에 넣어 적재하였으며, 포장방법 B형은 농산물 유통상자 그대로 LLDPE 필름을 이용하여 박스단위로 포장하여 적재하였다. 포장방법 C형은 천공된 HDPE 필름을 이용하여 개별적으로 포장하여 농산물 유통상자에 적재하였으며, 포장방법 D형은 천공 HDPE 필름을 박스단위로 포장하여 이용하였다. 포장방법 E형은 국내의 식자재 공급시 저장·유통 방법으로 보편적으로 이용하는 관행적인 방법을 대조구로 하였다.

4. 생체중량 변화

저장 시 생체중량 변화에 의한 감소는 증산 및 호흡에 의



Fig. 1. Commonly followed distribution channel of iceberg lettuce in summer season at highland region of Korea.

해 일어나는데, 생체중량 변화는 입고 시 중량에 대한 감소 정도를 백분율로 표시해 7일 간격으로 조사하였다.

5. SPAD 지수 변화

SPAD (soil & plant analyzerdevelopment)값은 녹색 정도 (greenness)에 따른 엽록소 함량변화를 측정하여 표시한 것으로 (PCEMP, 1990) 엽록소계 (SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 7일간으로 조사하였다.

6. 경도

경도는 Jang과 Lee⁹⁾의 보고를 참고로 하여, 식용이 어려운 겉잎을 제거하고 결구된 가식부를 물성측정기(Texture analyzer TA.XT2, SMS, UK)의 직경 5 mm plunger를 이용하여 탐침법(probing)으로 측정하였다.

7. 호흡률

결구상추의 호흡률은 수확 후 저장 온도별로 1일 저장 후 900 g의 결구상추를 8.5 L의 밀폐용기(Straight-side wide-mouth jar, Nalgene, USA)에 1시간 동안 밀폐하여 얻은 가스에 대해 GC (HP Agilent 3890, USA)로 측정하였다. 분석조건으로 detector는 TCD로, 온도는 250°C, column은 자체 제작한 stainless steel column (Ø 1/8 in, 2 m)에 active carbon (SK-4carbon, Alltech, USA)을 충전하였으며 이동상은 He (15 mL/min), oven 온도는 80°C이었다.

8. 포장내 가스 조성

포장 후 내부의 기체 조성(O₂ 및 CO₂) 변화 측정은 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 헤드스페이스 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., Denmark)를 이용하여 1일 간격으로 측정하였다.

9. 수분 함량 측정

결구상추의 겉잎을 제거한 속잎을 기준으로 7일 간격으로 75°C 건조법에 의해 생체중과 건물중을 조사하여 수분함유량을 조사하였다.

10. 색상 변화

색차계(CR-300, Minolta)를 이용하여 색상차를 측정하였다. 색상차는 Hunter Lab¹⁹⁾ 보고를 참고하여 ΔE 를 구해 7일 간격으로 조사하였다($\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$; $\Delta L = L_2 - L_1$; $\Delta a = a_2 - a_1$; $\Delta b = b_2 - b_1$; trace=0~1.5; appreciable=1.5~6.0; much=6.0~).

11. 신선도 평가 및 외관 변화 조사

결구상추의 신선도 평가 및 외관에 의한 품위 변화는 Jeong 등²⁰⁾의 방법을 참고로 하여, 훈련된 3명의 평가원들이

실험 재료의 색, 형태 변화, 신선도 등을 상등급에서 하등급까지 5단계를 두어 7일 간격으로 조사하였으며(선도 기준: 4=매우 신선, 수확 당시와 유사, 3=선도 약간 저하, 광택 비슷, 2=선도저하, 변색, 1=연화 시작, 시장성 상실, 0=부패시작, 식용불가, 상품성 상실) 촬영하였다.

결과 및 고찰

1. 결구상추의 고온기 수확 후 유통

결구상추의 여름철 유통형태는 수확 후 원물을 포장하여 그대로 출하하는 방법과 단기간 동안 저장 후 소포장 또는 최소 가공하여 출하하고 있었다(Fig. 2). 결구상추의 원물을 종이박스로 출하하는 경우에는 주로 상온에서 유통되는 형태로 중·도매상에게 공급되고 이후에 소포장 단위로 재포장되어 판매되고 있었다. 저장한 후 유통하는 경우에는 식자업체나 외식업체에 납품하는 사례가 많았는데, 1주일 정도 플라스틱 농산물 유통상자에 단순 적재하여 저장하며 출하시 선별과 정선 작업을 하였다. 저장하여 출하하는 이유에 대해 여름철 강우 등으로 인한 잦은 기상 변화와 고온으로 인한 공급 차질에 대비하여 단기간 저장을 실시한다고 하였다.

결구상추는 고온기에 재배지역이 강원도 고랭지의 경사지에서 재배와 수확이 이루어지고 있는데, 작업 과정인 수확·상차·파렛타이징·선별 등의 모든 과정이 수작업으로 인력에 의존하고 있는 것으로 나타났다. 결구상추 수확 후 예냉과 콜드체인에 대한 효과가 인정되나²¹⁾ 고온기에 국내 유통 현장에서는 거의 이루어지지 않는 것으로 보인다. 수확 후 저장·유통 시 저장을 하더라도 단순 적재 작업만 진행되어, 저장 시 품온 강화를 위한 관리가 부족해 보였다. 또한 저장 시 수시로 농작업자 및 농산물이 출입하여 저장고의 개폐가 빈번하여 항온적인 관리가 되는지 의문스러웠다.

현장에서는 결구상추의 수확 후 효율적으로 저장기간을 연장할 수 있는 방법을 요구하는데, 특히 장마 시작 전에 결구상추를 2달 이상 중·장기적으로 저장 가능한 기술을 요청하고 있었다. 따라서 고온기 결구상추의 공급 안정을 위해서는 저장성을 보다 향상할 수 있는 기술 개발이 필요로 하며, 저장 유통 환경을 개선할 수 있는 효율적인 물류 작업에 대한 연구가 요구되고 있었다.

2. 생체중량 변화

결구상추는 저장 중에 생체중량이 감소하였는데 포장방법에 따라 포장재 별로 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 3). 원예산물 저장 중에 생체중량 감소는 개체 산물의 구조와 수분 변화, 온습도와 같은 저장 환경 등에 영향을 받아 호흡에 관여하는 효소 기질의 소모와 수분감소로 나타난다^{9,22)}. 결구상추에서는 포장방법과 포장재에 따라 생체중량 감소를

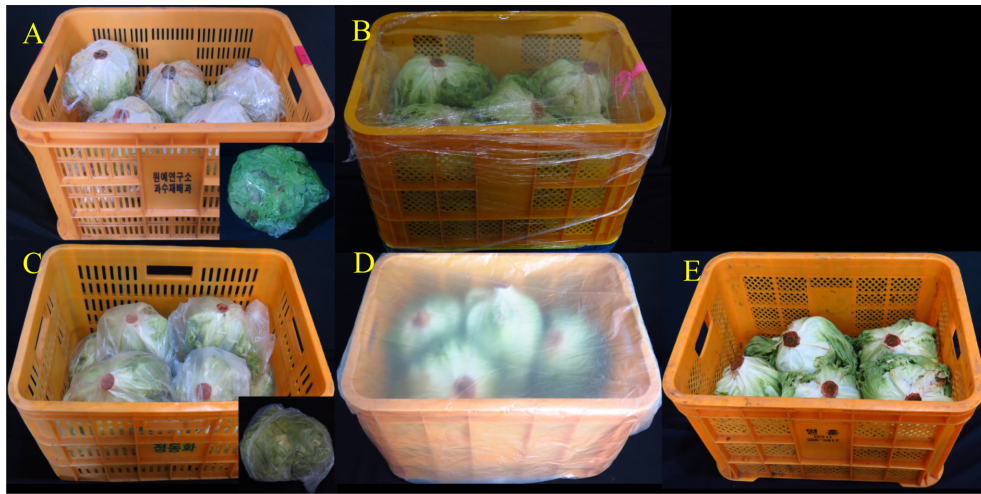


Fig. 2. Packaging lettuce head in plastic crate with or without different films. (A) Individual lettuce head sealed packaging with linear low density polyethylene (LLDPE) film; (B) Packaging lettuce head in plastic crate and wrapped with LLDPE film; (C): Individual lettuce head sealed packaging with perforated high density polyethylene (HDPE) film; (D) Packaging lettuce head in plastic crate and wrapped with perforated HDPE; and (E) Packaging lettuce head in plastic crate without any film (control).

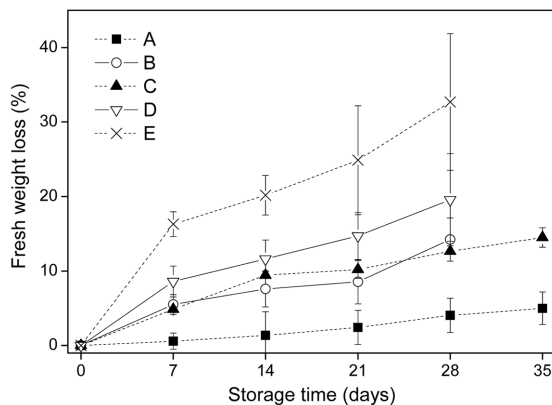


Fig. 3. Changes in fresh weight loss of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean $\pm$ SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

조절할 수 있는 것으로 나타나 선도 유지와 저장성 향상의 가능성을 보여주었다.

본 실험에서 결구상추 생체중량 변화는 Fig. 3과 같이 포장방법에 따라서 개별 포장한 것이 박스 단위의 포장보다 생체중량 감소가 적었으나, 포장재에 따라서는 LLDPE (linear low density polyethylene) 포장재로 포장하는 것이 천공 HDPE (high density polyethylene) 포장재로 저장하는 것보다 생체중량 감소 정도가 적은 것으로 나타났으며, 관행적 방법으로 단순 농산물 유통상자 E형에 저장하는 것이 생체중량 변화가 가장 컸다.

결구상추 저장 21일째 생체중량 변화를 보면, LLDPE로

개별 포장한 포장법 A형이 2.4%로 가장 적었고, 같은 LLDPE 필름으로 박스 단위로 포장한 B형이 8.5%, 천공된 HDPE 포장재로 개별 포장한 포장법 C형이 10.2%, 천공된 HDPE 포장재로 박스 포장한 D형이 14.7%, 포장을 하지 않은 단순한 농산물 유통상자의 포장 E형이 24.9%이었다.

결구상추의 저장 중의 포장효과에 따른 경시적인 생체중량 변화는 포장방법에 따른 영향이 크며 포장재에 따라서도 차이를 보였다. 본 실험에서 LLDPE 필름 개별 포장한 A형 저장이 생체중량 변화폭에서 저장 종료 35일까지도 5.0%로 가장 적었으며, 개별로 천공 HDPE 필름으로 포장한 C형과 박스포장 LLDPE 필름 B형이 비슷한 수준으로 나타났고, 다음은 박스 단위로 천공된 HDPE 포장한 D형이었으며, 관행적으로 농산물 유통상자에 그대로 저장되는 것이 생체중량 변화폭이 가장 컸다.

엽채류에서 저장 시 생체중량 변화에 대해 Lee 등²³⁾은 포장재에 따라서 HDPE와 PP 필름 차이는 크지 않고 천공 여부에 따라 차이가 있다고 보고하였으나, 본 연구에서는 HDPE와 LLDPE 필름의 포장 종류에 따라 생체중 변화의 차이를 보였는데 이는 Lee 등²⁴⁾의 결과와 달리 천공된 HDPE보다는 LLDPE 필름의 인장력이 좋아 결구상추에 밀착이 잘 되어 변질을 억제한 것으로 보인다.

원예작물은 대부분 수분함량이 90~95% 이상으로 5~10% 감소하면 상품성이 없는 것으로 알려져 있는데²⁵⁾, 결구상추에서 수분함량 변화를 보면 21일 이후부터는 포장법 A형을 제외한 다른 포장방법이나 포장재는 생체중량 감소가 5% 넘는 것으로 나타나 고온기 결구상추는 개별포장으로 랩핑하는 것이 생체중량 감소를 지연시키는데 효과적인 것으로 나

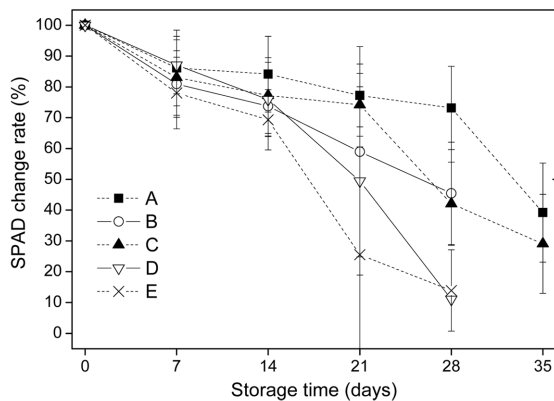


Fig. 4. Changes in SPAD value of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean±SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

타났다.

따라서 결구상추 저장 시 생체중량 변화 면에서는 개별포장과 포장의 기밀도가 높은 포장재를 이용한 포장법 A형이 효율적인 것으로 생각된다.

3. SPAD 지수 변화

Fig. 4의 결구상추에서 SPAD 변화율이 저장기간이 지남에 따라 감소하는데, 포장방법 및 포장종류에 따라 차이가 달리 나타났다.

원예작물은 저장 중에 엽록소의 소실과 황화로 인해 저장기간이 경과할수록 SPAD값이 경감하는데, 측정값은 infrared LED 광과 적색광을 쬔어, 반사와 투과 정도에 따른 엽록소 함량을 측정함으로써 동일 시료를 비파괴적이면서도 연속적으로 측정할 수 있었다²³⁾.

결구상추 저장 21일째의 포장법과 포장재에 따른 영향은 개별로 LLDPE 필름 포장 A형의 측정치가 77.2로 가장 높았으며, 개별적으로 천공 HDPE 포장 C형이 74.2이며, 박스 단위의 LLDPE 필름 포장 B형이 59.0, 박스 단위의 천공 HDPE 포장 D형이 49.5이며, 대조구로 단순 농산물 유통상자 E형이 25.5의 순으로 나타났다.

Bark 등³⁾은 결구상추에서 저장 시의 생체중량과 엽록소 변화가 SPAD 영향을 미친다고 하였는데, 본 실험에서도 결구상추 저장 시 포장방법과 포장재에 따른 엽록소 함량 변화가 선도에 영향을 주는 것으로 판단된다.

SPAD 값의 경시적 변화를 보면 저장 초기 7~14일부터 포장 차이에 따른 변화가 시작되어 개별 LLDPE 필름 포장 A형이 비교적 적은 변화를 보였으며, 저장 21일에는 SPAD 감소 정도가 처리별로 달라지는 것으로 나타났다. 그러나 저장 28일 이후에 모든 처리에서 SPAD 변화율이 급격히 감소하였는데, 이는 Fig. 11과 같이 일부 겉잎이 물러지고 부패

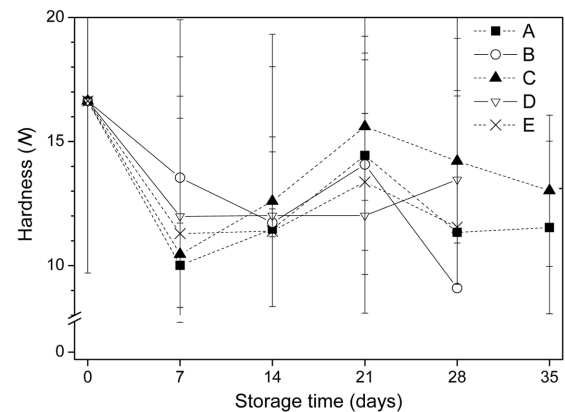


Fig. 5. Changes in hardness of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean±SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

로 인해 낮아지는 것으로 나타났다.

이러한 변화를 고려한다면 결구상추는 개별적 랩포장 A형이 21일 정도까지는 SPAD 지수가 높아서 비교적 단기간의 저장에 유효한 것으로 보인다. 그러나 이후 SPAD 지수가 급격히 떨어져 이를 유지할 수 있는 추가적인 개선방법이 필요할 것으로 보인다.

4. 경도 변화

결구상추 포장에 따른 경도 차이를 본 연구에서는 논하기가 어려웠다(Fig. 5). 결구상추의 저장 중 경도는 진폭이 9.1 N에서 16.6 N으로 개체별로 변동이 심하여 저장 종료 시까지 포장재나 포장방법에 따른 영향을 판단하기가 곤란하였다.

Hong과 Lee²⁶⁾는 토마토의 숙기에 의한 경도 차이가 저장성에 영향을 미친다고 하였는데 과실이나 과채류는 저장 중의 경도 차이로 선도가 달라진다고 하였다. 그러나 Kang 등²⁷⁾은 결구상추에서는 길쭉 조직이 수분 손실로 질겨지는 현상이 발생하나 저장기간 중에 경도가 거의 변화하지 않는다고 보고하였다.

본 실험에서 결구상추 결구는 여러 겹의 잎이 겹쳐서 구가 형성된 영양조직으로 과채류와 같은 생식 조직과는 형태적 차이로 인해, 경도 변화가 저장성과 포장에 따른 영향이 불분명하여 효과를 직접적으로 연결하기는 어려워 보인다.

5. 호흡 변화

결구상추 저장 중 호흡을 변화는 포장에 따른 영향을 확인하기 어려웠다(Fig. 6). 결구상추의 호흡은 저장 중 감소하는 것으로 나타났으나, 포장방법과 포장재에 따른 호흡 변화 패턴이 불분명하였다.

Park 등²⁸⁾은 원예작물 수확 후 호흡 측정은 기본적으로 저장 생리 변화를 예측하는 정보를 제공하기 때문에 생리 연

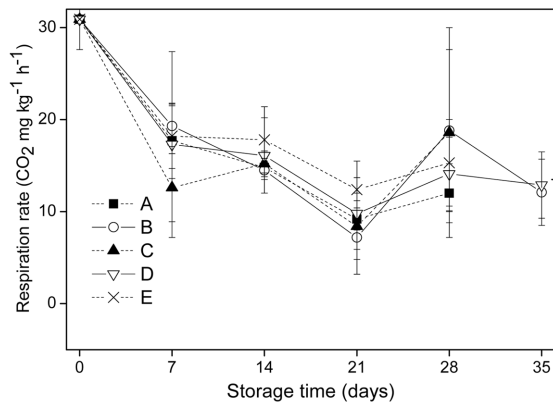


Fig. 6. Changes in respiration rate of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean±SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

구에서는 중요하다고 하였으며, Lee와 Lee²⁹⁾가 원예작물의 포장재 종류에 따라 내부 가스 농도 환경에 의해 호흡이 영향을 받으며 저장기간도 달라진다고 보고하였다.

그러나 결구상추에서 포장방법과 포장재의 차이에 의한 호흡 차이보다는 개체간의 차이로 인한 진폭으로 인해 처리간의 차이를 확인하기는 어려웠는데, 이는 호흡 측정 방법에 있어서 포장된 상태에서 직접 측정하지 못하고 결구상추의 포장을 벗긴 후에 밀폐용기에서 측정하여 포장 효과가 상쇄되어 처리간의 차이를 확인하지 못한 것으로 추측된다.

따라서 포장된 상태에서 직접 측정할 수 있는 방법이 간구되지 않으면 포장방법이나 포장재에 따른 효과를 검증하기는 어려워 보인다.

6. 포장내 가스 조성 변화

본 실험에서의 결구상추에 사용된 포장재와 포장방법에 따른 처리는 MA 효과가 불확실하였다.

In 등³⁰⁾은 80μm NY/PE포장 필름으로 결구상추를 신선편이 후 포장 내에서 호흡으로 인해 O₂ 농도가 매우 낮아지고 CO₂는 높아져서 혐기 상태까지 이르렀다. 그러나 본 실험에서 포장재나 포장방법에 따른 효과는 Fig. 7에서와 같이 개별 포장한 LLDPE는 저장 기간 동안 O₂와 CO₂ 가스농도가 미비한 변화를 보여 O₂ 농도는 18.6%이고 CO₂는 1.1%로 다소 변화가 있었으나, 동일한 포장재로 포장방법을 달리한 박스 단위로 한 경우 O₂는 19.7%, CO₂가 0.8%이었다. 그 외 HDPE 필름을 이용한 포장은 천공으로 인해 O₂와 CO₂는 개별적인 포장이나 박스포장 방법은 무처리와 마찬가지로 대기 조성과 같은 가스 농도로 처리간 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

본 실험에서 포장재에 따른 선도유지는 가스농도 조성에 의한 MA 효과보다는 Fig. 3에서의 생체중량 감소 정도에서

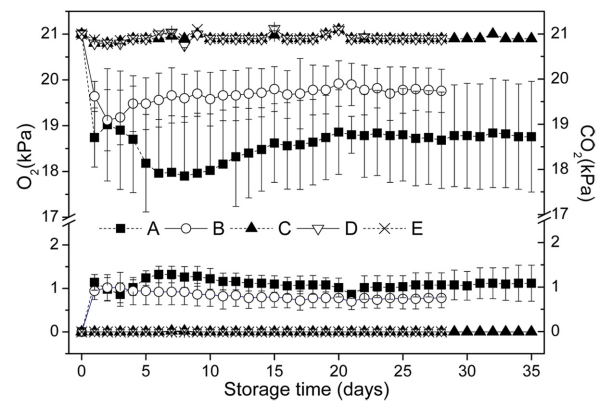


Fig. 7. Changes in headspace gas composition (O₂ and CO₂) of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean±SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

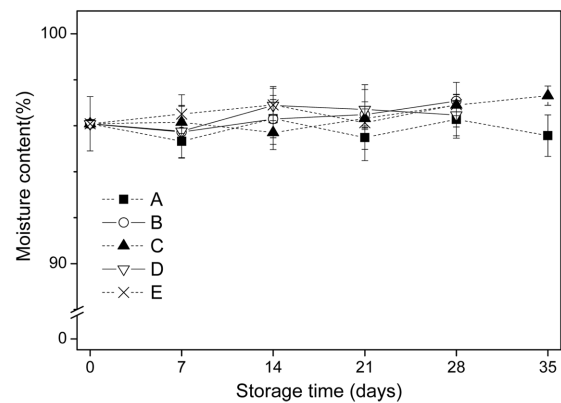


Fig. 8. Changes in moisture content of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean±SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

보듯이 중량감소를 지연시키는 수분 유지 효과로 보인다.

Fig. 11에서 보는 바와 같이 상품성의 감소는 겉잎의 물러짐에 의해 발생하는데, 이는 기체 조성 변화에 의한 MA 효과보다는 저장 시 포장재 내의 결구상추 조직이 연해져³¹⁾, 포장내의 지속적인 높은 상대습도로 인해 상품성 하락이 발생하는 것으로 유추된다.

7. 수분함량 변화

결구상추 저장 중에 수분함량은 Fig. 8과 같이 포장방법과 포장재에 따라 가식부의 함량 변화 경향이 뚜렷하지 않았다.

결구상추 전체 무게 감소가 일어나서 저장된 원예산물 내의 수분감소로 유추되지만²⁸⁾ 본 실험에서는 결구상추의 겉

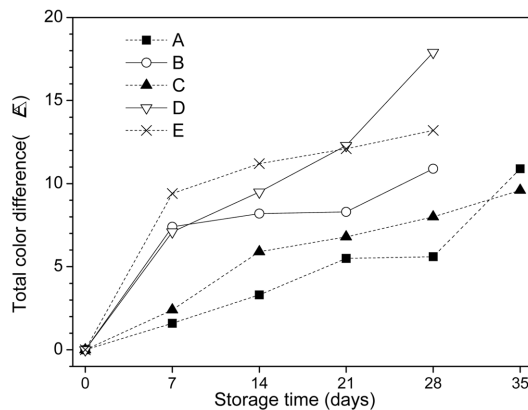


Fig. 9. Changes in total color difference (ΔE) of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean $\pm$ SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2.

잎을 제거한 가식부의 수분을 측정하였는데, 4~5주 저장 동안 수분함량이 94.4~97.1%로 수분함량 변화가 포장방법과 포장재 처리별로 내부까지 크게 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

이는 결구상추 외엽이 Fig. 11에서와 같이 보는 겉잎이 마르는 것을 확인하였으나, 겉잎을 떼어낸 가식 부위까지는 크게 영향을 받지 않은 것으로 생각된다.

Lee 등²⁴⁾은 상추에서 저장 중 포장재 종류에 따라 수분함량에 차이가 나타난다고 하였다. 본 실험에서 결구상추는 생체중량 감소가 나타났으나, 결구상추의 포엽이 여러 겹 쌓여 결구를 이룬 형태적 특성으로 인해³²⁾ 겉잎이 마르지만 내부까지는 수분함량 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

결구상추는 다른 원예작물과 달리 겉잎을 제거하여 이용하는 특성으로 인해, 포장재와 방법에 따라 상품성에 미치는 영향이 상대적으로 적은 것으로 보인다.

8. 색상차(ΔE) 변화

결구상추에서 저장 중 색상차(ΔE)는 포장방법과 포장재에 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 9). 저장 중 엽채류의 색상차(ΔE)는 엽색 변화가 발생하는데²³⁾, 결구 상추에서 포장방법에 따라 개별 포장하는 것이 색상차에서 박스 포장하는 것보다 적으며 포장재에 따라서는 랩핑한 LLDPE가 천공된 HDPE 필름보다 적은 것으로 나타났다.

결구상추 저장 21일째 개별 LLDPE 필름으로 포장한 포장방법 A형의 색상변화가 5.5로써 가장 적었으며, 개별포장으로 천공 HDPE로한 포장방법 C형이 6.8, 박스단위로 LLDPE 포장방법 B형이 8.3, 박스단위의 천공 HDPE 포장방법 D형이 17.9, 무포장한 E형이 13.2이었다.

포장방법 A형은 21일까지 경시적으로는 저장 중에 색상

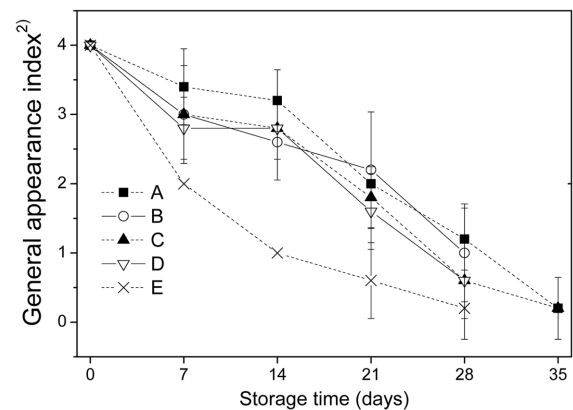


Fig. 10. Changes in general appearance of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C. Data represent the mean $\pm$ SE of five replicates. ¹⁾Refer to the packaging types in Fig. 2. ²⁾General appearance index: 4=good, 3=moderate, 2=inferior, 1=poor, and 0=very poor.

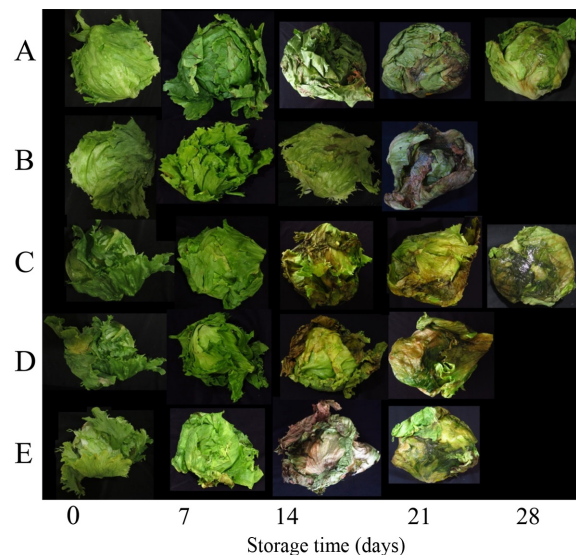


Fig. 11. Changes in appearance of lettuce packaged with different methods during storage at 2°C.

변화가 비교적 다른 처리보다 낮았으나, 28일 이후에는 차이가 커지면서 색상차가 크게 나타났다. 이는 Fig. 11에서 보는 바와 같이 겉잎이 급격히 물러지고 부패가 발생하기 때문으로 생각된다.

이러한 변화를 고려한다면 결구상추 저장 기간은 21일 정도까지 단기간은 개별 랩포장한 것에서 색상변화 등이 적어 상품을 유지하는데 효과적인 것으로 사료된다.

9. 신선도 및 외관변화

결구상추 저장 중의 선도변화와 외관에 대하여 Fig. 10~11

에 나타났다. 결구상추의 외관에서 상품성 유지는 Fig. 8과 같이 포장한 것이 무포장보다 좋은 것으로 나타났으며, 포장 방법에 따라서는 개별 포장한 것이 비교적 양호한 상품성을 보였으며 포장재는 본 실험에서 LLDPE 필름이 HDPE보다 선도유지에 효과적이었다.

저장 21일째 Fig. 10에서 신선도의 변화에 따른 외관 (general appearance) 지수 변화는 상품성 지수가 5.0일 때에 수확 당시와 비슷한 것이며, 저장할수록 지수가 낮아져 2.0 정도에서 시장가치가 낮아져 출하가 어려운 것으로 보였는데, 개별 포장에 LLDPE 필름 포장방법 A형이 2.2로 가장 높았으며, 박스 단위의 LLDPE 포장 B가 2.0이었으며, 개별 방법으로 천공 HDPE 포장 C가 1.8이었으며, 박스 단위 천공 HDPE 포장 D가 1.6였으며, 무포장 E가 0.2였다. 저장 28일 이후에 모든 포장방법과 포장재에 따른 지수가 2.0 이하여서 상품성이 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서 개별적인 랩 포장한 포장법 A형은 다른 처리보다 양호한 상품성을 유지하나 저장기간이 21일 정도의 단기간 저장에서 유효하고, 3~4주 이후에는 포장 내부의 질물러짐이 발생하여 이를 제어할 수 있는 방법이 간구되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

국내산 결구상추의 하절기 생산 제한을 수확 후 포장방법 개선으로 공급을 효과적으로 유지하고자 하였다. 본 연구에서는 고온기 결구상추의 유통 및 저장 현황을 조사하였으며, 유통 현황과 기존의 결과를 근거하여 개선 가능한 포장방법을 모색하였다.

결구상추의 ‘유레이크’품종을 이용하여 포장재별 포장 방법에 따라 저장 중 생체중량 변화, SPAD 지수 등을 조사하였다. 포장방법은 관행적인 무포장의 플라스틱 재질 농산물 유통상자에 적재하는 저장방법에 LLDPE와 HDPE 필름 포장재를 이용하여 개별 및 박스 단위 방법으로 포장하여 저장 온도 2°C에서 하였다.

결구상추 저장 시 포장 방법 및 포장재에 따라서 개별적으로 LLDPE 필름으로 랩 포장한 것이 저장 21일까지 외관 품위 등에서 비교적 양호한 상품성을 유지하였다. 또한 생체중량 감소율이 다른 처리구보다 적었고, 저장 중 SPAD나 색상변화 정도가 적은 경향을 보였다. 그러나 개별 포장한 결구상추의 결구내 수분감소나 경도에서는 처리별 차이를 확인하기는 어려웠다.

결구상추는 개별 포장하여 단기간 동안의 선도를 유지할 수 있었으나 개별 포장에 따른 기체 조성 변화에 큰 영향이 없어 MA 효과를 언급하기는 어려웠다. 고온기 생산성이 낮은 시기에 결구상추의 단경기 공급을 위해 개별적인 랩 포장으로 포장방법을 개선함으로써 저장성 연장에 대한 가능

성을 확인하였다.

감사의 글

본 성과물(논문)은 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 연구사업(세부과제번호: PJ010887, PJ010511)인 ‘수출용 MA 파렛트 포장시스템 개발’과 ‘고온기 엽채류 선도유지를 위한 저장 및 유통 시스템 확립’의 일부 지원으로 이루어졌습니다. 본 난을 통하여 연구에 협조해 주신 정태교 님(우용영농조합법인), 이종남 님, 최동수 님, 김범제 님, 임영순 님, 박도이 님, 구윤진 님, Dulal Chandra 님, 장민선 님에게 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, J. S., Choi, J. W., Chung, D. S., Lim, C. I., Seo, T. C., Do, G. L., and Chun, C. 2005. Effects of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars and cultivation methods on growth, quality, and shelf-life. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 23: 12-18.
2. Oh, S. Y., Yu, Y. G., and Lee, G. J. 2009. Economical management of summer season harvest on cut rose (*Rosa hybrida* L.). Korean J. Hortic. Sci. Technol. 27: 130.
3. Bark, D. E., Yoon, Y. N., Woo, Y. J., Cheung, G. H., Hwang, S. B., Park, S. H., Jeong, J. Y., Shin, C., Choi, D. S., Lim, J., Park, S. E., and Lee, J. S. 2015. Freshness comparison of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in accordance with storage and packaging method on high-temperature period. Korean J. Packag. Sci. Technol. 21: 1-6.
4. 농림부 통계 자료 농림축산식품부. 2016. 2015 시설채소 온실 현황 및 채소류 생산실적, 농림축산식품부, 세종, 한국.
5. 한국농촌경제연구원. 2015. 농업전망 2015 수급안정방안, 현장에서 찾는다, 한국농촌경제연구원, 서울, 한국.
6. Rural Development Administration. 2013. Western vegetables. RDA. Suwon, p.24-60.
7. Cho, H. Y., Kim, M. Y., Kwon, S. Y., and Yoon, J. H. 2013. Current status and suggestions for improvement of school meal service support centers. Kor. J. Food Preserv. 30: 139-165.
8. Jung, I. K., Kim, H. C., Lee, J. T., Kim, Y., and Kim, K. M. 2011. A study on the utilization, recognition, and satisfaction of local food in school food service. Korean J. Commun. Living Sci. 10: 99-100.
9. Jang, M. S. and Lee, J. S. 2017. Effects of packaging methods on the freshness during storage of lettuce harvested in summer season of Korea. Kor. J. Food Preserv. 24: 159-167.
10. Gross, K., Wang, C. Y., and Saltveit, M. E. 2002. Handbook, The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture, Washington, USA. p 66.
11. Kim, B. S., Kim, D. C., Lee, S., Nahm, G. B., and Jeong J. W. 1995. Freshness prolongation of crisphead lettuce by vac-

- uum cooling and cold-chain system. Kor. J. Food Preserv. 27: 546-554.
12. Youn, A. R., Kim, B. S., Kwon, K. H., and Cha, H. S. 2007. Quality evaluation and residual pesticides of lettuce during growth after transplanting. Kor. J. Food Preserv. 14: 124-130.
 13. Bolin, H. R. and Huxsoll, C. C. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. J. Food Sci. 56: 60-62.
 14. Beuchat, L. R. and Brackett, R. E. 1990. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. J. Food Sci. 55: 755-758.
 15. Shankargouda, P., Chikkasubbanna, V., and Narayana, J. V. 1989. Effect of preharvest sprays of triacontanol on the storage life of lettuce. J. Food Sci. Technol. 26: 156-157.
 16. Aharoni, N. and Yehoshua, S. B. 1973. Delaying deterioration of romaine lettuce by vacuum cooling and modified atmosphere produced in polyethylene packages. J. Am. Soc. Hort. Sci. 98: 464-468.
 17. Lee, J. S., Lee, H. E., Lee, Y. S., and Chun, C. H. 2008. Effect of packaging methods on the quality of leaf lettuce. Kor. J. Food Preserv. 15: 630-634.
 18. Brecht, J. K., Sherman, M., and Allen, J. J. 1986. Film wrapping to improve the postharvest quality of Florida head lettuce. Proc. Fla. State Hort. Soc. 99: 135-140.
 19. Hunter Lab. 2001. Hunter L_ab versus CIE 1976 L*a*b*. Application note: 13; 1-4
 20. Jeong, J. C., Woo, P. K., and Joon, Y. Y. 1990. Influence of packaging with high-density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Cheongchima) during low temperature storage. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 31: 210-224.
 21. Kim, B. S., Kim, D. C., Lee, S. E., Nahm, G. B., and Jeong, J. W. 1995. Freshness prolongation of crisphead lettuce by vacuum cooling and cold-chain system. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 546-554.
 22. Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L., and Wang, C. Y. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 28: 1-30.
 23. Lee, J. S., Chung, D. S., Lee, J. U., Lim, B. S., Lee, Y. S., and Chun, C. H. 2007. Effects of cultivars and storage temperatures on shelf-life of leaf lettuces. Kor. J. Food Preserv. 14: 345-350.
 24. Lee, J. S., Chung, D. S., Choi, J. W., Jo, M., Lee, Y. S., and Chun, C. H. 2006. Effects of storage temperature and packaging treatment on the quality of leaf lettuce. Kor. J. Food Preserv. 13: 8-12.
 25. Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI Publishing, N.Y. USA.
 26. Hong, S. J. and Lee, S. K. 1996. Changes in endogenous putrescine and the relationship to the ripening of tomato fruits. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 37: 33-36.
 27. Kang, Y. J., Jeong, H. C., Jeong, M. C., and Kim, D. M. 2008. Effect of maturity at harvest on the quality of head lettuce during storage. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 26: 272-276.
 28. Park, J. K., Chun, J. K., Lee, S. K., and Kim, K. H. 1989. Automatic measurement of respiration rate and weight loss during storage of citrus fruits. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 387-390.
 29. Lee, J. S. and Lee, Y. S. 2012. Effect of packaging methods on postharvest quality of Tah Tasai Chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *narinosa*) baby leaf vegetable. Kor. J. Food Preserv. 19: 1-6.
 30. In, B. C., Kim, J. K., Hataitip, N., and Lee, J. S. 2010. Effects of harvest seasons on quality and microbial population of fresh-cut iceberg lettuce. J. Bio-Environ. Control 19: 343-350.
 31. Jung, J. Y., Shin, S. H., Choi, J. H., and Jeong, M. 2008. Browning and quality changes of fresh-cut iceberg lettuce by gas flushing packagings. Kor. J. Hortic. Sci. Technol. 26: 406-412.
 32. Hwang, S. J., Jang, S. W., Choi, J. H., and Ho, Q. S. 2003. Selection of standard example varieties for evaluation of plant morphological characters in DUS test of lettuce (*Lactuca sativa* L.) Korean J. Hortic. Sci. Technol. 21: 181-189.

투고: 2017.08.30 / 심사완료: 2017.10.30 / 게재확정: 2017.11.20