

Effects of packaging methods on the freshness during storage of lettuce harvested in summer season of Korea

Min-Sun Chang, Jung-Soo Lee*

Postharvest Technology Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

고온기 결구상추의 수확 후 포장조건에 따른 선도유지 효과

장민선 · 이정수*

국립원예특작과학원 저장유통과

Abstract

This study was investigated the effects of maintaining the freshness and stabilization of supply and demand for lettuce (*Lactuca sativa* L.) by packaging methods in summer. Post-harvest lettuces were packaged by corrugated box, polypropylene (P) box, and individual wrapping using polyvinyl chloride (PVC) film. Then, the lettuce samples were stored at 2°C and evaluated the change of quality during storage. The lettuces wrapped individually with PVC film had lower weight loss rate, color change, and browning index compared to lettuces packaged by corrugated box and P box. The SPAD value and hardness were higher in lettuces wrapped individually with PVC film than other packaging methods. The lettuces wrapped individually with PVC film were showed the highest total phenolic contents and DPPH radical scavenging activity, but there were no significantly differences by packaging methods. The lettuces packaged by corrugated box were showed the inside browning after 14 days. However, the lettuces wrapped individually with PVC film were showed the best appearance. Therefore, the packaging method of wrapped individually with PVC film were effective in maintaining the freshness during 21 days and helpful for the stabilization of supply and demand for lettuce in summer.

Key words : lettuce, summer, packaging, freshness, quality

서 론

결구상추(*Lactuca sativa* L. cv. U-lake)는 잎이 부드럽고 고유한 향 때문에 주로 샐러드용으로 많이 이용되고 있으며 평균 생산량 21,521톤으로 엽채류 중에서 생산량이 비교적 높아 향후 소비가 꾸준히 증가할 것으로 예상되는 품목이다(1,2). 또한 특별한 조리 없이 구입 후 바로 이용할 수 있는 편이성과 함께 웰빙 식품으로 인식되어 미국, 유럽 등에서의 수요가 급격히 증가하고, 소비자층도 다양화되고 있는 실정이다(3,4).

그러나 결구상추는 수확 후 부적절한 저장 및 유통조건으로 갈변, 이취 및 깃무름 현상 등이 발생하여 품질이 저하되는 문제점이 있다(5). 특히 여름철 고온기에는 생산이 고랭지로 한정되어있고, 이 또한 높은 품온으로 저장기간도 짧아 생산이 매우 제한적이다. 이러한 수급조절 불안으로 7-9월경 많은 양의 결구상추가 미국, 중국, 대만 등으로부터 수입되고 있다(2). 이에 고온기 결구상추의 안정적인 수급을 위한 적정 선도유지기술 개발이 매우 필요하다.

일반적으로 결구상추는 저장 중 품질유지를 위하여 수확 후 품온을 떨어뜨리고, 저장온도 0-5°C, 상대습도 95%로 유지하는 것이 효과적이라고 알려져 있으며 진공예냉과 콜드체인에 의한 상품성 유지기술이 일부 활용되고 있다(6,7). Lee 등(8)은 저온저장과 포장이 엽채류의 저장성을 유지하는데 효과적이라고 보고하였으며, Youn 등(9)은 결구차이에 따른 품질변화를 연구한 결과 결구형성 67일까지 중량, 당도, 수분, pH 등이 높고 조직감이 향상되었다고

*Corresponding author. E-mail : ljs808@rda.go.kr
Phone : 82-63-238-6511, Fax : 82-63-238-6505
Received 30 December 2016; Revised 4 April 2017; Accepted 10 April 2017.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

보고하였다. 결구상추에 대하여 주로 저장 및 유통 중에 갈변현상을 줄이고, 품질변화를 최소화하는 등의 연구(10-13)가 수행되었으나 이들 대부분 수확 후 저장기간에 따른 품질변화와 안전성과 관련된 것으로 실제 손실률이 많이 발생하고 있는 고온기 결구상추의 선도유지효과에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고온기 결구상추의 수급안정 및 선도유지를 위하여 관행포장방법 외에 개별 랩핑하는 포장 방법으로 저장 중 선도유지 효과를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 결구상추는 강원도 횡성에서 재배되어 2016년 8월 고온기에 수확한 것으로 외관 상태와 모양이 전체적으로 균일한 것을 선별하여 시료로 사용하였으며 시료 무게는 약 750±20 g이었다.

포장 및 저장

수확 한 결구상추는 골판지 상자(550×310×300 mm)에 2단으로 12포기씩 적재한 후 냉장차량을 이용하여 2℃ 저장고로 이동하였다. 이후 Fig. 1과 같이 농산물 유통상자(plastic container, P box, 445×365×310 mm)를 이용하여 결구상추를 12포기씩 적재하였고, polyvinyl chloride(PVC) 필

름으로 결구상추를 개별 랩핑한 후 P box에 담아 12 포기씩 적재하였다(2,14). 또한 개별 랩핑 한 처리구는 저장 중 품온 관리를 위해 국립원예특작과학원에서 자체 제작한 차압·통풍설비를 이용하였다. 본 연구는 강원도 횡성에 있는 결구상추 재배농가 저장고에서 저장되었으며 포장조건별 저장 온도 2℃, 평균습도 90%에서 관리하며 품질변화를 조사하였다.

품온 측정

저장 중 결구상추의 포장조건에 따른 품온 변화를 알아보기 위하여 데이터로거(ALMEMO 2890-9, Ahlborn, Germany)를 이용하여 결구상추 내부에 탐침을 7 cm 깊이로 꽂아서 측정하였다.

중량감소율

초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 시료의 중량 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

표면색도, 갈변도 및 엽록소 함량

표면색도는 결구상추 외부 겉잎 1장을 제거 한 후 초록부위에 대하여 chromameter(CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter 색차계인 L, a 및 b 값으로 측정하였다. 각 처리구간의 색도 차이는 초기 값에 대한 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 계산하였다.

갈변도는 결구상추 절단면을 잘게 자른 것을 랜덤으로



Fig. 1. The packaging types of lettuce. A, Corrugated box; B, P box; C, Wrapping under ventilation.

2 g 취한 후 20 mL 증류수를 첨가하여 35°C의 water bath에서 2시간 동안 추출한 뒤 여과한 액을 UV-visible spectrophotometer(Du-650, Bio Tek Instrument Inc., Winooski, VT, USA)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다(5).

엽록소 함량은 엽록소계(soil & plant analyzer development, SPAD-502, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 표면색도 측정 시 사용한 동일 시료를 이용하여 녹색정도에 따른 엽록소 함량변이를 측정하였다(2).

경도

저장기간에 따른 결구상추의 경도는 심을 기준으로 반으로 잘라 길이 1장을 제거한 후 측정하였다. 직경 5 mm의 probe가 부착된 texture analyzer(Lloyd Instrument BG/TA plus, Ametek, Inc, Fareham, UK)를 이용하여 depression limit 25 mm, test speed 2 mm/sec, trigger 0.1 N의 조건에서 측정하였다.

호흡률

결구상추를 8.5 L 밀폐용기에 넣어 2°C 저장고에서 1시간 방치한 후 내부에 축적된 head space 기체 200 μ L를 gas-tight syringe로 취하여 gas chromatography(GC 7890B, Agilent Technol., Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 CO₂ 농도를 측정하였다. 이 때 분석조건으로 column(HP-5, Agilent Technol.) 온도는 80°C, 이동상은 5 mL/min 유량의 He를 사용하였으며 검출기는 thermal conductivity detector(TCD)로 검출온도는 250°C였다.

총 페놀함량 및 DPPH 라디칼 소거능

총 페놀함량 및 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디칼 소거능 분석용 시료는 Karaca 등(15)의 방법을 참고하여 준비하였다. 시료를 동결 건조하여 분쇄한 후 시료 1.5 g에 80% 에탄올 25 mL을 넣고 1시간 동안 초음파 추출하였다. 이후 12,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 상층액을 시료로 사용하였다. 총 페놀함량은 Folin-Ciocalteu법(16)을 참고하여 분석하였다. 시료 0.4 mL에 2 N Folin-Ciocalteu 용액 0.4 mL를 첨가하여 3분간 반응시킨 후 2% Na₂CO₃ 0.4 mL를 첨가하여 암소에서 1시간 방치하였다. Spectrophotometer(Du-650, Bio Tek Instrument Inc.)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며 이 때 시료에 함유된 총 페놀함량은 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 표준품으로 작성한 표준곡선으로부터 구하였다.

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH에 의한 전자공여능을 측정하였다. 즉 0.3 mM의 DPPH 0.9 mL에 시료 0.3 mL을 첨가하여 혼합한 다음 실온에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 spectrophotometer(Du-650, Bio Tek Instrument Inc.)

를 이용하여 측정하였다. [1-(시료 첨가구의 흡광도/시료 무첨가구의 흡광도)] \times 100의 계산식으로부터 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다(17).

외관변화

결구상추의 저장 중 외관에 대한 관능적 품질평가는 5명의 훈련된 평가원을 대상으로 5단계의 점수(0=매우 나쁨, 1=나쁨, 2=보통, 3=좋음, 4=매우 좋음)를 부여하였으며 점수 2점을 상품성의 한계로 간주하였다(18).

통계처리

결과의 통계처리는 SAS(Version 9.2, SAS Inc., Cary, USA) 프로그램을 사용하여 ANOVA 분석을 수행하였으며 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test 방법으로 유의수준 $p < 0.05$ 에서 분석되었다.

결과 및 고찰

품온 변화

고온기 결구상추의 포장조건에 따른 품온은 저장초기에 급격히 감소하였으며 처리구에 따른 차이를 보였다(Fig. 2). 저장 중 평균 품온은 골판지 상자가 4.4°C, 개별 랩핑이 3.6°C, P box가 2.8°C 순으로 측정되었다. 저장초기 품온이 약 24°C에서 절반인 12°C까지 떨어지는데 골판지 상자의 경우 약 2일이 소요되었으며 품온이 3-4°C로 떨어지기까지는 약 4일이 걸렸다. 그러나 P box 및 개별 랩핑 한 결구상추는 하루 만에 품온이 3-4°C로 낮아졌다. 일반적으로 수확 후 높은 온도는 원예작물의 호흡과 같은 물질대사율을 증가시키고, 호흡열을 발생시켜 많은 에너지가 소모되므로(19) 수확 후 즉시 저온 또는 예냉처리를 통한 호흡열 제거가

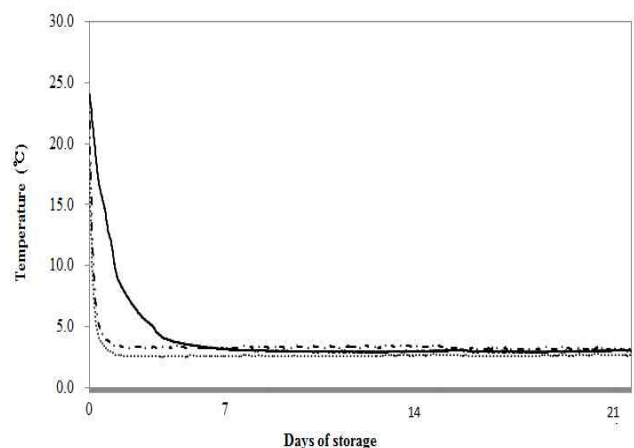


Fig. 2. Changes in the temperature of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

—, Corrugated box; ····, P box; ---, Wrapping under ventilation.

필요하다(20). 본 연구에서 원예작물 포장조건에 따른 저장 중 결구상추의 평균적인 품은 차이는 크지 않았으나 초기 품온에서 저온으로 떨어지기까지 소요되는 시간에는 포장 조건에 따라 차이를 보였다.

중량감소율

고온기 결구상추의 수확 후 포장조건에 따른 저장 중 중량감소율은 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하였으며(Fig. 3), 그 중 P box에 저장한 경우 다른 포장조건으로 저장한 결구상추보다 중량감소율이 유의적으로 높았다($p<0.05$). 특히 저장 21일째에는 개별 랩핑과 골판지 상자에 포장한 결구상추의 중량감소율이 각각 5.1%, 7.9%인 반면 P box에 저장한 결구상추는 18.7%로 가장 높았다. P box의 경우 뚜껑이 없고, 옆면도 구멍이 뚫려있는 개방형 상자라 결구상추의 증산작용이 활발하게 일어나 중량감소가 크게 발생한 것으로 판단된다. 일반적으로 채소작물은 생체 중량이 5-10%까지 줄어들면 상품성을 상실하는 것으로 알려져 있는데(21) 본 연구에서는 개별 랩핑 한 결구상추의 중량감소율이 가장 낮아 저장기간 동안 상품성이 오래 유지되는 것으로 나타났다. 이는 결구상추를 개별적으로 랩 포장한 경우 생체중량 감소가 적었다는 Lee 등(8)과 Bark 등(2)의 연구결과와도 일치하였으며 개별 랩 포장을 통해 포장 내 호흡과 수분증발이 다소 억제되어 증산작용이 낮았던 것으로 사료된다.

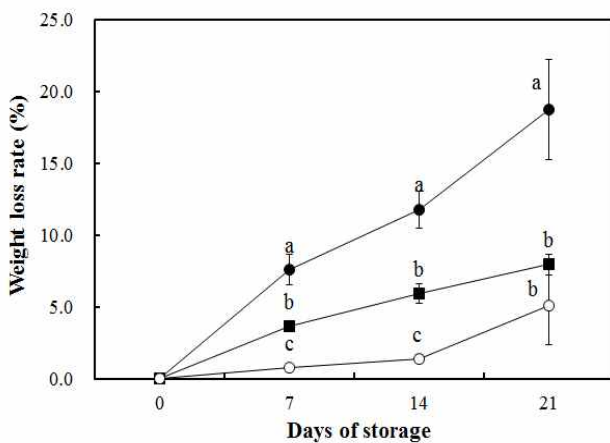


Fig. 3. Changes in the weight loss rate of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at $p<0.05$.

표면색도, 갈변도 및 엽록소 함량

L 및 a 값의 측정은 결구상추의 변색을 수치화하는 가장 일반적인 방법으로서 각각 갈변 및 적변 발생의 척도로 사용된다(22). 포장조건에 따른 고온기 결구상추의 저장 중 표면색도를 측정된 결과 L 값의 경우 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하였다(Fig. 4A). 저장 21일째 개별 랩핑포장 > 골판지 상자 > P box로 포장한 결구상추 순으로 L값이 높았으나 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). a 값은 Fig. 4B와 같이 전반적으로 감소하다가 저장 14일 이후 다소 증가하는 경향을 보였으며 이는 저장 중 결구상추의 갈변이 진행된 것으로 사료된다. b 값은 Fig. 4C와 같이 저장 중 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 개별 랩핑 한 결구상추는 저장 21일째 17.3으로 골판지 상자(25.3) 및 P box(26.9)로 포장한 결구상추보다 유의적으로 낮았다($p<0.05$). Youn 등(4)의 연구에서도 결구차이에 따른 신선편이 양상추의 저장 중 L 값이 감소하고, a 값이 증가하는 등 본 연구결과와 일치하였다. 저장 중 전체 색변화를 나타내는 ΔE 값의 경우 모든 처리구에서 전반적으로 증가하였으며 특히, P box로 포장한 결구상추의 색 변화가 저장 21일째 16.8로 가장 컸고, 개별 랩핑 한 결구상추가 11.4로 가장 낮았다(Fig. 4D).

결구상추의 저장 중 갈변도를 측정한 결과는 Fig. 5A와 같으며 저장기간 동안 꾸준히 증가하였다. 특히 골판지 상자에 저장한 결구상추의 갈변도가 다른 처리구보다 유의적으로 높았으며($p<0.05$) 저장 초기 0.116이었던 반면 저장 7일째 0.464로 약 4배 이상 갈변도가 증가하였다. 개별 랩핑 한 결구상추는 저장 21일째 갈변도가 0.257로 다른 처리구보다 가장 낮았으며 이는 ΔE 값에서도 개별 랩핑 한 결구상추의 색 변화가 낮았던 결과와도 일치하였다. 신선편이 결구상추의 경우 갈변은 저장 초기 절단면 위에 원형의 핑크색 반점으로 나타나다가 잎의 맥을 따라 갈변의 띠를 형성하면서 점차 잎 전체로 전개되는 양상을 나타낸다(23). 본 연구에서는 신선편이 결구상추가 아니었으나 수확 시 줄기 절단으로 인한 절단면의 갈변도가 점차 증가하는 경향을 보였고, 그 중 개별 랩핑 포장으로 공기 중 산소와의 접촉이 적었던 결구상추의 갈변 진행이 다소 미미한 것으로 나타났다.

채소류의 주색소인 엽록소는 식물에 널리 분포되어있는 천연 녹색색소로서 식물 세포내의 엽록체에 존재하여 채소 및 과일의 신선함을 나타내는 지표가 되는 것으로 알려져 있다(24). 본 연구에서는 포장조건에 따른 결구상추의 저장 기간별 엽록소 함량 변화를 SPAD 값으로 나타내었다(Fig. 5B). 일반적으로 원예작물은 저장기간이 증가함에 따라 엽록소 손실에 의한 황화가 진행되어 SPAD 값이 감소하는데 (8) 본 연구에서도 저장일이 경과함에 따라 감소하는 추세를 보였다. 개별 랩핑 한 결구상추의 경우 저장 21일째 31.8으로 골판지 상자(28.5) 및 P box(29.0)로 포장한 결구상추보다 다소 높은 값을 유지하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다($p<0.05$). 그러나 초록색을 나타내는 a값의 변화와 마찬가지로 개별 랩핑 한 결구상추에서 저장기간 동안 엽록소가 가장 많이 유지되고 있음을 알 수 있었다. Choi 등(25)은 시금치에서, Jeong 등(26)은 녹색 꽃양배추에서 저장

에 따라 전반적으로 감소하였다(Fig. 4A). 저장 21일째 개별 랩핑포장 > 골판지 상자 > P box로 포장한 결구상추 순으로 L값이 높았으나 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). a 값은 Fig. 4B와 같이 전반적으로 감소하다가 저장 14일 이후 다소 증가하는 경향을 보였으며 이는 저장 중 결구상추의 갈변이 진행된 것으로 사료된다. b 값은 Fig. 4C와 같이 저장 중 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 개별 랩핑 한 결구상추는 저장 21일째 17.3으로 골판지 상자(25.3) 및 P box(26.9)로 포장한 결구상추보다 유의적으로 낮았다($p<0.05$). Youn 등(4)의 연구에서도 결구차이에 따른 신선편이 양상추의 저장 중 L 값이 감소하고, a 값이 증가하는 등 본 연구결과와 일치하였다. 저장 중 전체 색변화를 나타내는 ΔE 값의 경우 모든 처리구에서 전반적으로 증가하였으며 특히, P box로 포장한 결구상추의 색 변화가 저장 21일째 16.8로 가장 컸고, 개별 랩핑 한 결구상추가 11.4로 가장 낮았다(Fig. 4D).

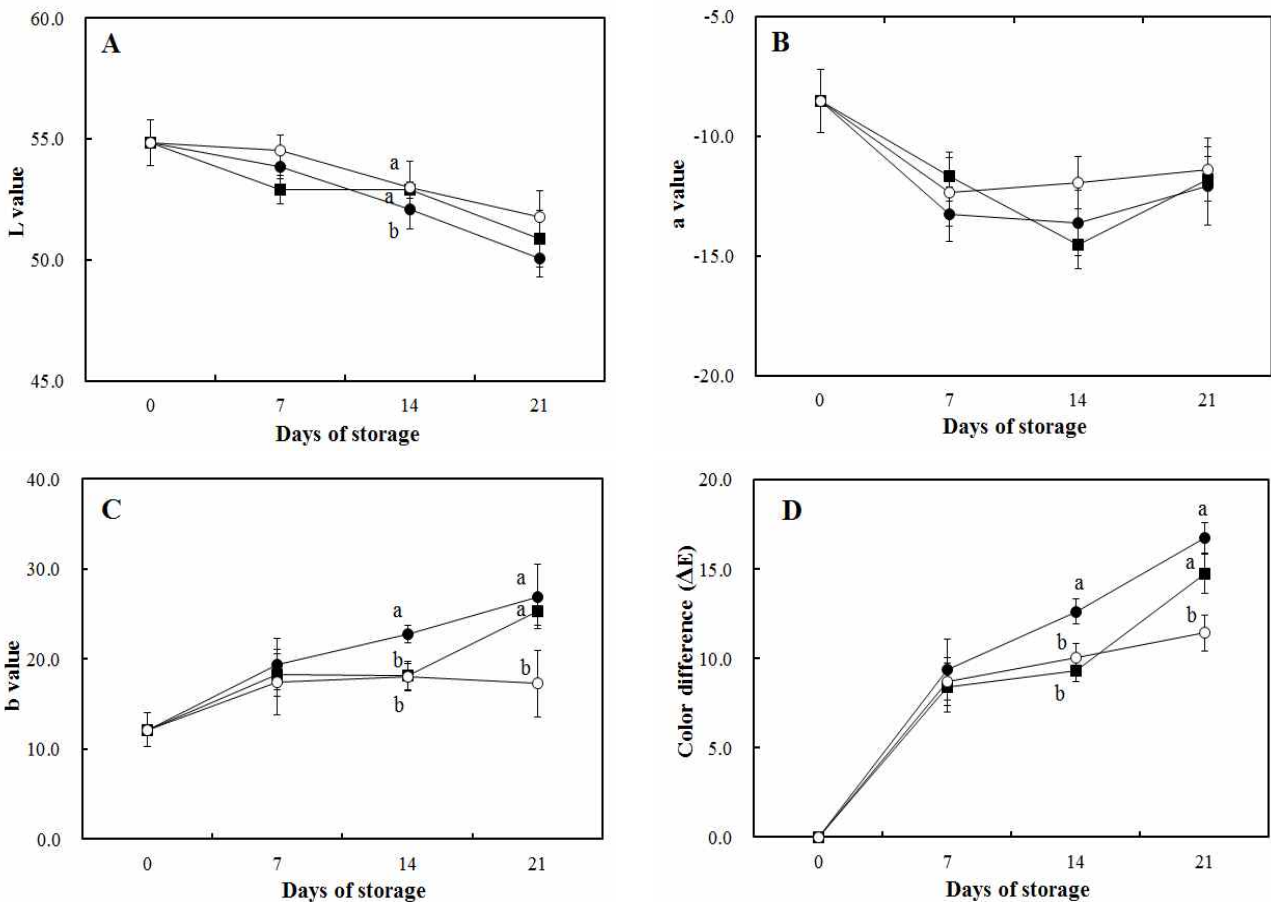


Fig. 4. Changes in the L (A), a (B), b value (C), and color difference (D) of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation.

Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at $p < 0.05$.

중 황화현상 및 이로 인한 엽록소 함량 감소를 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.

표면색도, 갈변도 및 엽록소 함량 측정을 통해 결구상추는 저장기간 동안 전체적으로 어두워지고, 고유의 초록색에서 황색으로 변하며 갈변이 진행됨을 알 수 있었다. 그러나 개별 랩핑 한 경우 결구상추의 색 변화가 가장 적어 고온기 결구상추의 품질유지에 효과적인 포장방법이라고 판단된다.

경 도

결구상추는 주로 생식으로 섭취되므로 씹힘성(chewiness)과 관련된 경도가 중요하며 표면색과 함께 상품성 및 소비자 평가에 중요한 영향을 미치는 요소이다(3). 본 연구에서 포장조건에 따른 결구상추의 경도변화를 측정된 결과는 Fig. 6과 같으며 저장 중 전반적으로 감소하였다. 저장 21일째 골판지 상자에 포장한 결구상추의 경도가 8.3 N 이었던 반면, 개별 랩핑 한 결구상추의 경도는 11.2 N으로 가장 높았으나 포장조건에 따른 유의적인 차이는 없었다 ($p < 0.05$). 결구상추는 저장기간 중 수분이 손실되며 조직에

영향을 주는데(21) 본 연구에서 개별 랩핑 한 경우 골판지 상자 및 P box로 포장한 경우보다 저장 중 수분손실이 적어 결구상추의 경도유지에 효과적이었다고 판단된다. 이는 개별 랩핑 한 결구상추의 저장 중 중량감소율이 가장 낮았던 결과와도 일치한다.

호흡률

고온기 결구상추의 포장조건에 따른 호흡률을 측정된 결과 저장기간 동안 모든 처리구에서 전반적으로 증가하였다(Fig. 7). 저장 초기 결구상추의 호흡률은 9.1-9.9 mg/Kg·h에서 저장 21일째 개별 랩핑 한 결구상추(27.7 mg/Kg·h) > 골판지 상자(20.0 mg/Kg·h) > P box(15.5 mg/Kg·h) 순으로 높게 측정되었으며 포장방법에 따른 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 중량감도, 색 변화, 갈변도, 경도 등의 품질평가에서 개별 랩핑 한 결구상추의 품질변화가 가장 적었던 반면 호흡률은 높았는데, 이는 호흡률 측정을 위해 랩을 풀면서 결구상추와 랩의 밀착도가 분리되어 순간 호흡률이 상승된 것으로 판단된다. 결구상추와 같이 호흡이 왕성한 채소는 수확직후 상온에 방치되면 호흡열 증가와 함께 빠른

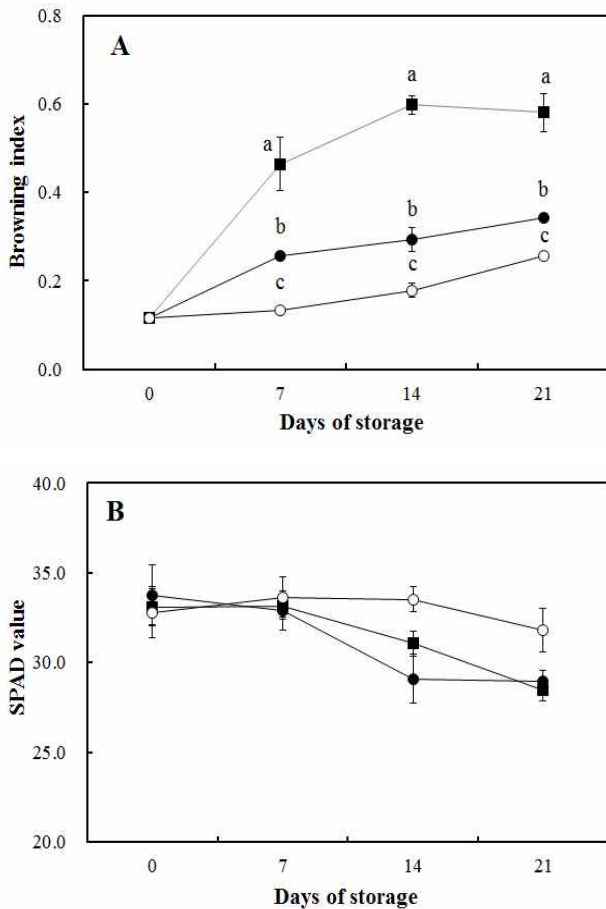


Fig. 5. Changes in the browning index (A), and SPAD value (B) of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at p<0.05.

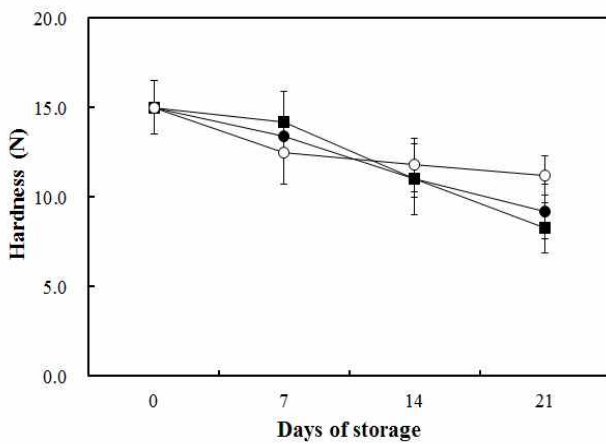


Fig. 6. Changes in the hardness of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at p<0.05.

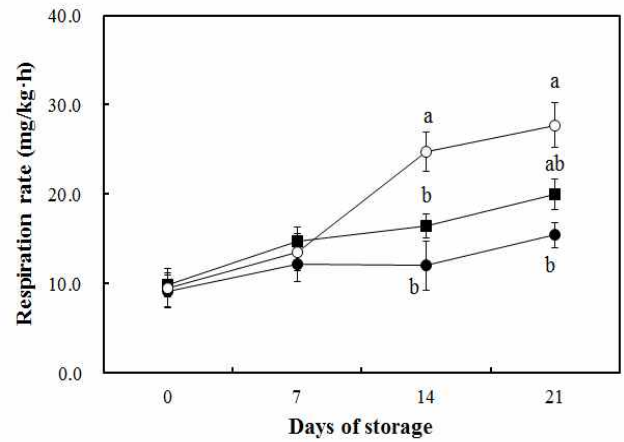


Fig. 7. Changes in the respiration rate of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at p<0.05.

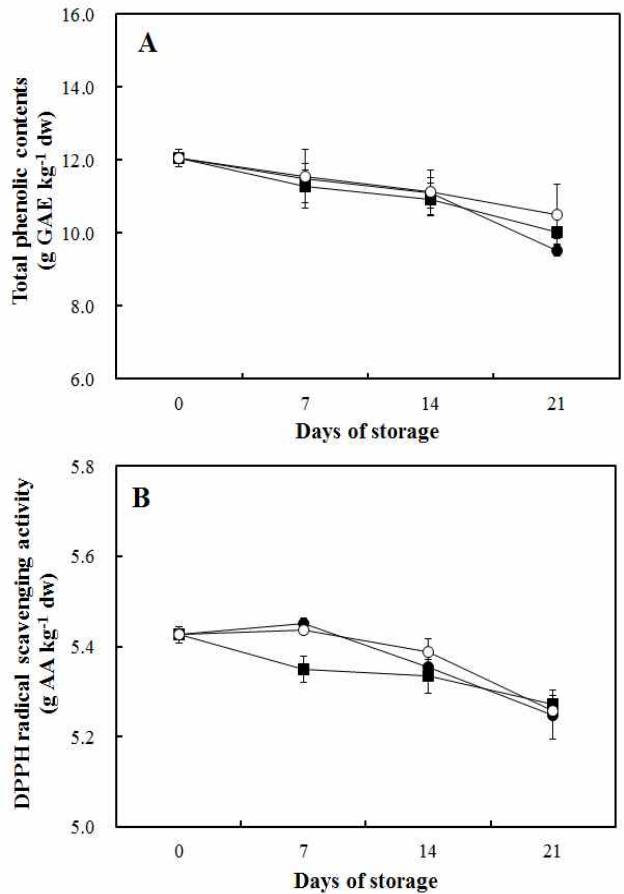


Fig. 8. Changes in the total phenolic contents (A) and DPPH radical scavenging activity (B) of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at p<0.05.

호흡기질 감소로 갈변이 촉진되지만(20) 본 연구에서는 수확 후 2°C 저온저장을 통해 호흡열 제거로 호흡속도가 다소 억제된 것으로 사료된다.

총 페놀함량 및 DPPH 라디칼 소거능

포장조건에 따른 고온기 결구상추의 저장 중 총 페놀함량 및 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Fig. 8과 같으

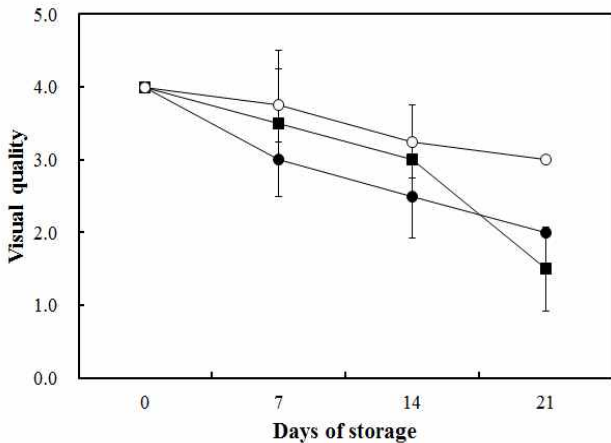


Fig. 9. Changes in the visual quality scores of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

■, Corrugated box; ●, P box; ○, Wrapping under ventilation. Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters for the same storage period are significantly different at p<0.05.

며 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하였고, 포장방법에 따른 유의적인 차이는 없었다(p<0.05). 페놀성 화합물은 다양한 식물성 식품에 존재한다고 알려져 있으며 구조식에 phenolic hydroxyl(OH)기를 소유하고, 고명 안정화된 구조로서 전자를 수용하는 기작으로 항산화 반응에 직접적으로 관여한다(27). 또한 결구상추는 에틸렌의 발생이나 물리적인 상처를 받았을 때 phenylalanine(PAL) 활성이 증가하고, 결국 polyphenol oxidase(PPO)에 의하여 페놀물질이 갈변물질로 산화된다고 알려져 있다(28). 이에 본 연구에서는 고온기 결구상추의 갈변현상을 좀 더 파악하기 위하여 총 페놀함량을 조사하였다. 저장 초기 결구상추의 총 페놀함량은 12.1 g GAE/Kg dw 이었으며 저장 21일째 개별 랩핑 한 결구상추는 10.0 g GAE/Kg dw, P box에 포장한 결구상추는 9.5 g GAE/Kg dw로 개별 랩핑 한 결구상추가 다소 높았으나 포장방법에 따른 차이는 미비하였다. Karaca와 Velioglu(15)는 오존처리에 따른 결구상추의 총 페놀함량을 측정된 결과 8.7 g GAE/Kg dw로 보고하여 본 연구결과와 유사하였으며 Bae 등(29)은 신선편이 로메인상추를 대상으로 총 페놀함량을 측정된 결과 저장 초기 7.4 ug GAE/g FW에서 저장 5일 후 6.1 ug GAE/g FW로 감소하였다고 보고하였다.

DPPH는 천연소재로부터 항산화활성을 분석하는데 많이 이용되며 비교적 안정한 free radical로서 항산화제, 방향족 아민류 등에 환원되어 탈색되는 원리로 측정하게 된다



Fig. 10. Changes in the appearance of lettuce by different packaging methods during 21 days at 2°C.

(30). 본 연구에서 고온기 결구상추의 저장 중 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과 저장 초기 5.4 g AA/Kg dw에서 저장 21일째 5.3 g AA/Kg dw로 다소 감소하였으나 저장기간 및 포장방법에 따른 큰 변화가 없었다. Bae 등(29)이 측정한 신선편이 로메인 상추의 DPPH 라디칼 소거능 결과에서도 저장 후 감소하는 경향을 보였다. 총 페놀함량은 총 항산화 활성에 기여하는 바가 높다고 알려져 있으며(31) DPPH 라디칼 소거능이 우수한 경우 총 페놀함량 또한 높아 서로 양의 상관관계가 있다고 알려져 있다. 추후 결구상추의 저장 중 이화학적 품질특성 외에 영양학적 및 생리활성 효과에 대한 연구를 통해 보다 다각적인 측면에서 선도유지효과를 구명할 필요가 있다고 사료된다.

외관변화

고온기 결구상추의 포장조건에 따른 저장 중 외관변화률 지수로 나타내었으며 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하였다(Fig. 9). 2점을 상품성 한계로 간주하였을 때 골판지 상자 및 P box에 포장한 경우 저장 21일째 각각 1.5 및 1.8로 상품성을 상실하였으나 개별 랩핑 한 경우 3.0으로 외관이 가장 우수하였고, 상품성이 유지되는 것으로 조사되었다. 또한 저장 중 결구상추의 내·외부 변화를 조사한 결과 Fig. 10과 같이 골판지 상자에 포장한 경우 저장 14일째부터 내부 갈변이 진행되었음을 알 수 있었다. 또한 수확 시 절단으로 인한 줄기 절단면의 갈변은 모든 처리구에서 동일하게 발생하였으나 특히 골판지 상자에 포장한 결구상추는 저장 7일째에도 다른 처리구보다 절단면 갈변이 많이 진행되었고, 이는 Fig. 5A의 갈변도 결과와도 일치하였다. 결구상추는 외부보다 내부에서 품질저하가 빠르게 발생하는 것으로 조사되었으며 이로 인해 소비자가 절단되지 않은 결구상추를 구입할 경우 내부 품질 확인이 어려울 것으로 판단된다.

고온기 결구상추는 수확 후 바로 개별 랩핑하여 P box에 담고, 2°C에서 저장할 경우 저장 21일째까지 선도유지에 효과적이고, 이를 통해 고온기 결구상추 수급조절에도 긍정적인 영향을 줄 것이라 생각된다.

요 약

고온기 결구상추의 선도유지 및 수급조절에 효과적인 포장조건을 구명하기 위하여 연구를 수행하였다. 수확 후 결구상추를 골판지 상자, 농산물 유통상자(P box), 개별 랩핑 등 세 가지 방법으로 포장한 후 2°C에 저장하며 품질변화를 분석하였다. 그 결과 개별 랩핑 한 결구상추의 중량감소율이 다른 처리구보다 적었고, 저장 중 색변화 및 갈변도가 가장 낮았다. 또한 다른 포장방법에 비하여 개별 랩핑 한 결구상추의 엽록소 함량 및 경도 감소가 적었다. 총 페놀함

량 및 DPPH 라디칼 소거능의 경우 저장 중 개별 랩핑 한 결구상추의 값이 높았으나 포장방법에 따른 차이는 적었다. 저장 중 결구상추의 외관은 개별 랩핑 하였을 때 가장 우수하였으며 반으로 절단하여 골판지 상자에 포장한 결구상추는 저장 14일부터 내부갈변이 발생하여 품질이 저하되기 시작하였다. 따라서 고온기 결구상추를 수확 후 개별 랩핑하여 2°C에 저장할 경우 21일간 선도유지에 효과적이며 수급조절에도 도움을 줄 수 있으리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010511)의 지원으로 수행되었으며, 온도측정을 도와주신 이시영님, 강동현님, 최동수님과 저장고를 관리해주신 정태준님께 감사드립니다.

References

1. Ragaert P, Verbeke W, Devlieghere F, Debevere J (2004) Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Qual Prefer*, 15, 259-270
2. Bark DE, Yoon YN, Woo YJ, Cheung GH, Hwang SB, Park SH, Woo YJ, Shin C, Choi DS, Lim JH, Park SE, Lee JS (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, 35-40
3. Cha HS, Youn AR, Kim SH, Kwon KH, Kim BS (2007) Evaluation of quality and analysis of hazard management at different seasons of lettuce. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 932-937
4. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Cha HS (2008) Quality evaluation of minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.) according to degree of head formation. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 460-465
5. Kim DH, Kim SM, Kim HB, Moon KD (2012) Effects of optimized co-treatment conditions with ultrasound and low-temperature blanching using the response surface methodology on the browning and quality of fresh-cut lettuce. *Korean J Food Preserv*, 19, 470-476
6. Gross K, Wang CY, Saltveit ME (2002) Handbook, The commercial storage of fruit, vegetable, florist and nursery stock. United States Department of Agriculture, Washington, USA, p 66

7. Kim BS, Kim DC, Lee SE, Nahm GB, Jeong JW (1995) Freshness prolongation of crisphead lettuce by vacuum cooling and cold-chain system. *Korean J Food Sci Technol*, 27, 546-554
8. Lee JS, Chung DS, Choi JW, Jo MA, Lee YS, Chun CH (2006) Effects of storage temperature and packaging treatment on the quality of leaf lettuce. *Korean J Food Preserv*, 13, 8-12
9. Youn AR, Kim BS, Kim SH, Kwon KH, Cha HS (2007) Quality evaluation and residual pesticides of lettuce during growth after transplanting. *Korean J Food Preserv*, 14, 124-130
10. Bolin HR, Huxsoll CC (1991) Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *J Food Sci*, 56, 60-62
11. Beuchat LR, Brackett RE (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
12. Shankargouda P, Chikkasubbanna V, Narayana JV (1989) Effect of preharvest sprays of triacontanol on the storage life of lettuce. *J Food Sci Technol*, 26, 156-157
13. Aharoni N, Yehoshua SB (1973) Delaying deterioration of Romaine lettuce in polyethylene packages. *J Am Soc Hort Sci*, 98, 464-468
14. Brecht JK, Sherman M, Allen JJ (1986) Film wrapping to improve the postharvest quality of Florida head lettuce. *Proc Fla State Hort Soc*, 99, 135-140
15. Karaca H, Velioglu YS (2014) Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. *Postharvest Biol Technol*, 88, 46-53
16. Richard-Forget FC, Goupy PM, Nicolas JJ (1992) Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. *J Agric Food Chem*, 40, 2108-2113
17. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
18. Kim JG, Choi JW, Park MH (2016) Effect of different days of postharvest treatment and CO₂ concentrations on the quality of 'Seolhyang' strawberry during storage. *Korean J Food Preserv*, 23, 12-19
19. Kader AA (2002) Postharvest biology and technology. An overview, In: *Postharvest technology of horticultural crops*, Kader AA (Editor), University of California, Oakland, CA, USA, p 39-47
20. In BC, Kim JG (2008) Effect of precooling and harvesting at different times on respiration, browning and microbial growth of fresh-cut iceberg lettuce. *Kor J Hort Sci Technol*, 26, 258-264
21. Kang YJ, Choi JH, Jeong MC, Kim DM (2008) Effect of maturity at harvest on the quality of head lettuce during storage. *Kor J Hort Sci Technol*, 26, 272-276
22. Castaner M, Gil MI, Victoria Ruiz M, Artes F (1999) Browning susceptibility of minimally processed baby and romaine lettuces. *Eur Food Res Technol*, 209, 52-56
23. Kim JG, Choi ST, Lim CI (2005) Effect of delayed modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Kor J Hort Sci Technol*, 23, 140-145
24. Ma L, Dolphin D (1999) The metabolites of dietary chlorophylls. *Phyto Chemistry*, 50, 195-202
25. Choi DJ, Lee SH, Yoon JT, Sim YG, Oh SG, Jun HJ (2007) Effect of polypropylene film package and storage temperature on the shelf-life extension of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J Bio-Environment Control*, 16, 247-251
26. Jeong JC, Park KW, Yang YJ (1990) Influence of packaging with high-density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Cheongchima) during low temperature storage. *J Kor Soc Hort Sci*, 31, 219-225
27. Giacosa A, Filiberti R (1996) Free radicals, oxidative damage and degenerative diseases. *Eur J Cancer Prev*, 5, 307-312
28. Ke D, Saltveit ME (1989) Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. *Physiol Plant*, 76, 412-418
29. Bae JM, Lee DU, Jeong MC, Choi JH (2016) Change of quality characteristics in fresh-cut 'Romaine' lettuce by heat treatment. *Korean J Food Preserv*, 23, 27-33
30. Lee SG, Yu MH, Lee SP, Lee IS (2008) Antioxidant activities and induction of apoptosis by methanol extracts from avocado. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 269-275
31. Chang MS, Jeong MC, Kim GH (2015) Physicochemical characteristics and antioxidant activity of the organic green peppers. *Korean J Food Preserv*, 22, 585-590