KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 30, No. 2 107~120 (2024)
https://doi.org/10.20909/kopast.2024.30.2.107

알배추 생산시스템별 생육과 수확후 포장법에 따른 선도 비교

이정수*

국립원예특작과학원

Comparison of Growth and Freshness according to Crop Production System and Post-Harvest Packaging Method on Korean Head Cabbage (*Brassica rapa* L.)

Jung-Soo Lee*

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

Abstract This study compared the production systems and packaging methods as pre- and post-harvest factors for Korean head cabbage, which is minimally processed at the industry locus. It examined how different crop production systems, specifically winter and spring cultivations, affect the characteristics of the Korean head cabbage after harvest. The quality of changes in cabbage characteristics was evaluated over 4 weeks at 10°C. After harvesting, soluble solids content (SSC), hardness, and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) levels exhibited variations depending on the crop production system, with winter kimchi cabbage maintaining higher levels. These attributes were also influenced by the crop systems and packaging methods. Significant differences were observed in the changes in fresh weight of the Korean head cabbage depending on the packaging method; the extent of these changes was reduced with polypropylene (PP) film packaging. Although the freshness of Korean head cabbage decreased during storage, the appearance was somewhat preserved through film packaging after harvest. The results indicated that the properties of stored Korean head cabbages experienced different effects on pre- and post-harvest quality and characteristics, depending on the measurement items.

Keywords Crop production system, Korean head cabbage, Packaging, Postharvest characteristics, Storage

서 론

봄철에 생산시스템을 달리한 알배추 출하 시 상품성 유지 기술이 필요하다. 배추는 대부분 수확 후 신선상태로 유통되어 판매되지만, 근래에 소비자의 이용이 쉽도록 겉잎을 제거하고 신선편이와 같이 정선과 최소가공의 과정을 걸쳐 결구된 부위만 판매하는데, 이를 알배추 또는 쌈배추라고 일컫고 있다[1]. 배추는 전 세계적으로 한·중·일 국가에서 많이 생산되고 있으며, 김치나 볶음요리 등의 재료로 이용되고, 국내에서는 웰빙 트렌드와 같은 사회적 변화에 영향을 받아, 배추를 알배추로 하여 생으로 쌈이나 샐러드용으로까지 넓혀 이용되고 있고, 생체로 이용되는 것 외에도 국거리 등에 사용되는 것으로 알려져 있다[1]. 배추는 수확 후에 대부분이 바로 출하하여 이용되는 것으로 알려져 있으나, 일부 배추는 저장되어 소비 시기를 분산시켜 이용되고 있다[2]. 특히 봄철에는 불안정한 기후로 인한 수급 불안정과 수확 후 관리 기술의 발전으로, 월동배추는 저장하여 봄철까지 김치와 같은 가공품을 생산하는데 사용되고 있다[3,4,5]. 월동배추를 수확 후 신문지와 같은 종이 포장에 대한 효과가 보고되었고[3], 배추와 유사한 양배추는 신선편이 MA로 필름 포장과 수확 후 저온 유통에서 선도 유지 기술이 연구되었다[6,7]. 그러나 배추류에서 새로운 소비형태인 알배추에 대해서 연구가 많지 않다. 알배추 수확 전 재배 형태에 따른 월동배추와 봄배추에 대하여 생육에 관한 연구뿐만 아니라 수확 후 차이에 대해 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 원예작물의 수확 전·후의 관계를 규명하고자, 배추의 작형별 재배 형태에 따른 생산시스템에서 생육뿐만 아니라 알배추의 다양한 포장 방법에 따른 수확 후 특성에 대하여 구명하고자 하였다.

*Corresponding Author: Jung-Soo Lee
NHRI, RDA, Wanju 55365
Tel: +82-63-238-6422, Fax: +82-63-238-6505
E-mail: ljs808@rda.go.kr

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구의 실험재료는 월동배추의 품종은 노지에서 생산한 ‘청남(우리종묘(주), 한국)’배추로 하고, 봄배추는 시설에서 재배하여 수확한 '고향쌈배추(농우, 한국)'를 이용하였다. 월동배추 재배는 진도지역의 노지에서 정식을 2019년 9월 20일에 하여, 수확을 1월 25일에 하였으며, 4개월간 저장한 것을 이용하였다. 봄배추 재배는 천안지역 비닐하우스 시설에서 정식을 2020년 3월 5일하여, 수확을 5월 25일에 한 것을 사용하였다. 작형에 따라 생산시스템이 다른 각각의 배추를 동일시기에 정선하고 겉잎을 손질한 알배추를 수확 후 연구에 이용하였다.

2. 수확 후 유통 현황 조사

알배추의 수확에서부터 유통현황을 파악하기 위하여, 진도 및 천안 지역에서 재배 방식에 따라 달리 생산된 배추의 수확 후 유통 현황 등을 농가와 농산물 산지유통센터(Agricultural products Processing Center; APC) 등의 농산업 현장을 탐문하여 조사하였다.

3. 포장 방법과 저장 환경

손질한 알배추를 개체별로 Fig. 1과 같이 포장하여 이용하였다. Fig. 1에서 포장 방법 중에 종이포장은 유산지(크기 : 79 × 27 cm, 두께 : 0.08 mm)를 이용하였으며, 유공 PP(polypropylene) 필름(크기 : 28 × 40 cm, 두께 : 0.04 mm, hole : Φ = 1 cm)으로 배추를 1개씩 포장하여 이용하였으며, 무공포장은 동일의 PP 포장재로 무공 필름을 이용하였다. 포장한 배추의 저장온도는 국내 유통현황을 고려하여 10°C로 설정하여 쇼케이스형 냉장고(Zikor, Samsun, Korea)에 저장하였다[8,9].

4. 생육 조사

저장한 배추는 겉잎을 떼어낸 후 손질한 상태에서 농촌진흥청 조사 기준[10]에 따라 생체중, 구고, 구폭 등을 조사하였으며, 결구지수는 Lee 등[5]의 산출 방법을 따랐다.

5. 생체중량 변화

생체중량 변화는 입고 시 초기 생체중량으로부터 1주일 간격으로 측정한 생체중량의 차이를 백분율(%)로 환산하여 생체중량 변화를 나타내었다.

6. 가용성 고형물 함량

가용성 고형물 함량(solid sugar content; SSC)은 엽의 중륵 부위에서 채취한 후에 이를 착즙하여 디지털당도계(PAL-1, Atago Co. LTD, Tokyo, Japan)으로 측정하였다.

7. 경도

경도는 알배추 결구 부위를 물성측정기(Texture analyzer TA_Plus, SMS, Goldalming, UK)를 이용하여 직경 5 mm plunger를 사용하여 탐침법(probing)으로 측정하였다.

8. 선도변화

외관에 따른 선도 변화에 의한 상품성은 Jeong 등[11]의 방법을 참고로 하여, 훈련된 3명의 평가원들이 알배추의 색과 형태 변화, 선도 등을 5단계로 상등급에서 하등급을 구분하여 1주일 간격으로 조사(선도 기준: 4 = 매우 신선, 수확시와 유사; 3 = 선도 다소 저하, 광택 유사, 시장판매 가능; 2 = 선도 저하, 변색, 시장성 상실; 1 = 연화 시작, 짓무름 및 부패시작; 0 = 식용불가)하였으며, 점수 3점까지는 상품성을 가진 것으로 간주하였으며, 촬영을 함께 하였다.

9. 색상각

알배추의 색상각은 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 이

Fig. 1. Three packaging methods on Korean head cabbage and non-packaging as control after harvest
A. Non-package for control; B. Rolled paper package for wrapping; C. Perforated PP film; and D. Non-perforated PP film.

용하여 CIE Lab의 a^*(red-green)값과 b^*(yellow-blue)값을 측정하여, 측정된 a^*와 b^*값을 hue angle(°)으로 환산하였다. 환산 시의 a^*값 >0으로 양의 값일 때 hue angle(°) = Arc tan(b^*/a^*) 식을, a^*값 <0으로 음에 값일 때 hue angle (°) = 180 + Arc tan(b^*/a^*) 식을 이용하였다. 또한 측정 시 흰색 calibration tile(L^* = 97.75, a^* = –0.43, b^* = 0.29)을 이용하여 보정하였다.

10. 수분함량

알배추 수분함량 측정은 배추 잎의 중앙 기부에서 굵은 잎맥 부위인 중륵을 1주일 간격으로 샘플링하여 100°C 건조법에 따라 식물체 내의 수분이 완전히 제거하였으며, 측정한 생체중과 건물중을 백분율로 환산하여 수분함량을 조사하였다[10].

11. DPPH

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디컬 소거능은 항산화 정도를 측정하기 위한 것이다. 분석은 Karaca와 Velioglu[12]의 방법을 참고하여, 배추 시료의 동결한 것을 건조하여 분쇄한 후 1.5 g의 시료에 80% 에탄올 25 mL을 넣고 1시간 동안 초음파를 이용하여 추출하였다. 이후 12,000 rpm에서 15분 동안에 원심 분리하여 시료의 상층액을 이용하였다. DPPH 라디컬 소거능은 DPPH에 의한 전자공여능의 측정으로 0.3 mM의 DPPH 0.9 mL에 시료 0.3 mL을 첨가하여 혼합한 다음에 실온에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 spectrophotometer (Du-650, Bio Tek Instrument Inc.)를 이용하여 측정하였다. DPPH 라디컬 소거능 값은 [1-(시료 첨가구의 흡광도/시료 무첨가구의 흡광도)] × 100의 계산으로부터 환산하였다.

12. 식물체 분석

식물체 분석은 배추 중륵 부위에서 채취하여 Seo 등[13]의 방법에 따라 N의 분석은 Kjeldahl digestion 법으로 질소자동 분석장치(Kjeltec auto 1030 analyzer, Tecator, USA)로 하였으며, 농업과학기술원 분석[14]에 따라 K, Ca와 Mg는 원자흡광분광기(Atomic absorption spectrophotometer 3300, Perkin Elmer, USA)로 하였으며, P는 Vanadate법을 이용하여 비색계(Lambda 18, Perkin Elmer, USA)로 측정하였다.

13. 통계분석

통계분석 처리는 SAS(Version 9.2, SAS Inc., Cary, USA) 프로그램을 이용하여, 생육 특성은 작형에 따라 t-test를 실시하였으며, 저장 중 처리는 수확 전·후 요인에 따라 평균간 유의차 검증은 LSD로 유의수준을 분석하였다. 각 실험값은 5반복으로 평균(mean) ± 표준편차(standard deviation; SD)로 표시하였다.

결과 및 고찰

1. 수확 후 관리 현황

봄철에 알배추는 서로 다른 시스템으로 생산된 배추를 정선·손질하여 최소가공 형태로 유통하고 있었다. 봄철에 유통되는 알배추는 농산업현장에서 월동배추를 저장하여 출하하는 것과 봄에 시설 내에서 재배된 것을 이용하는 2가지의 생산시스템으로 대별되고 있어서, 알배추는 Lee[4]의 김치 가공에 이용하는 배추와 유사한 형태를 가지고 있었다. 봄철에 판매되는 알배추는 저장한 월동배추를 많이 이용하는 것으로 나타났다. 조사한 APC는 진도지역에서 생산한 월동배추를 수확 후 일정 기간 저장하고 이를 출하 전에 선별과 손질을 하고서 다른 유통업체에 공급하는 것으로 나타났다. Wang[15] 및 Han과 Lee[16]은 배추는 생산지에서 수확 후 바로 유통한다고 하였으나, 본 연구에서 농가 및 APC의 농산업업체가 상당량을 저장한 월동배추를 이용해 알배추를 신선편이와 같이 최소가공을 해서 유통하고 있는 것을 확인하였다. 조사 업체에게 봄배추외에 월동배추를 활용하는 것에 대하여, Lee 등[4]가 보고한 김치 제조의 경우와 같이 가공 시 품질이 다르기 때문으로 추정하였으나, 조사 업체에서는 봄철에 생산한 봄배추는 생산과 가격의 불안정하여, 월동배추로 미리 확보하여 알배추로 이용한다고

Fig. 2. Harvest and distribution of Korean head cabbage after harvest in winter(open field cultivation) and spring(facilities cultivation) in Korea.

하였다. 본 연구를 통해 알배추가 농산업현장에서 봄철에 시설에서 생산되는 봄배추 외에도 월동한 배추를 저장하여 출하하는 형태의 시스템으로 생산한 것을 유통하는 것으로 확인하였다. 배추의 계절별 생산에 대한 농산물 통계가 집계되고 있으나, 알배추와 같이 최소가공품에 대한 소비량에 대해서는 파악하지 못하고 있다. 따라서 향후 국내 소비자의 농산물 소비패턴을 이해하기 위해서는 생산 이외에도 유통과 가공이용까지 지속적으로 면밀한 조사가 필요할 것으로 판단된다. 봄철에 월동배추 이용은 김치제조를 위한 가공식품뿐만 아니라 알배추를 최소가공한 신선편이의 농산물에 적용되는 것이 본 연구를 통해 확인하였다. 봄철의 알배추 이용에 있어서 서로 다른 생산시스템에 의해 별개의 분화된 공정으로 공급되고 있었는데, 재배생산 기술의 발전과 수확 후 관리 기술의 성장으로 인해 알배추는 서로 다른 생산시스템으로 수요를 충족시키는 것으로 보인다. 2개의 생산시스템을 활용한 알배추 공급은 시설에서 재배되는 봄배추의 생산제약 등의 한계를 저장기술을 포함한 월동배추 생산시스템을 통해 최소가공을 위한 원재료의 원활한 공급이 가능하도록 하는 것으로 나타났다. 저장과 연결한 생산시스템은 계절적 제약을 넘어 생산 한계를 극복하여 안정적인 농업으로의 전환을 가능하게 하는 사례로 생각된다.

2. 생육

알배추 작형이나 재배법 같은 생산시스템 차이에 따른 생육 특성은 측정 항목에 따라 차이를 보였다(Table 1). 알배추를 이용하기 위한 결구 부위의 생체중 및 엽중·두께, 엽수 등은 월동배추와 봄배추의 생산시스템에 따라 격차를 보였다. 생체중은 월동배추가 1,878.6 g으로 봄배추의 973.4 g보다 무거웠는데, 이는 결구를 이루는 포엽의 두께와 무게로부터 기인한 것으로 보인다. 배추 생산시스템 별 엽두께는 월동배추가 9.0 mm으로 봄배추의 6.8 mm보다 두꺼웠으며, 엽중 또한 월동배추가 81.9 g으로 봄배추의 51.8 g보다 무겁고, 엽수 또한 월동배추가 69.7매로 봄배추의 48.4매보다 많았다. 이로 인한 결구지수는 월동배추가 78.2였으며, 봄배추는 61.7이었다. 결구지수는 무게(구중)에 대하여 크기(구고·구폭)로 부터 산출되는 값으로, 값이 클수록 결구정도가 높은 것이다[17]. 결구된 배추의 생산시스템에 따라 구고, 구폭, 엽고와 엽폭 등은 차이를 보이지 못하였다. 배추 생산시스템에 따른 생육 특성 차이를 분석한 결과, 월동배추가 생체중, 엽두께, 엽수, 결구지수에서 봄배추보다 더 높은 측정치를 보였다. 월동배추 생체중은 결구를 이루는 포엽의 두께와 엽수의 증가로 봄배추보다 생육량이 큰 것으로 보이며, 이로 인해 월동배추의 결구지수가 봄배추보다 높게 나타났다.

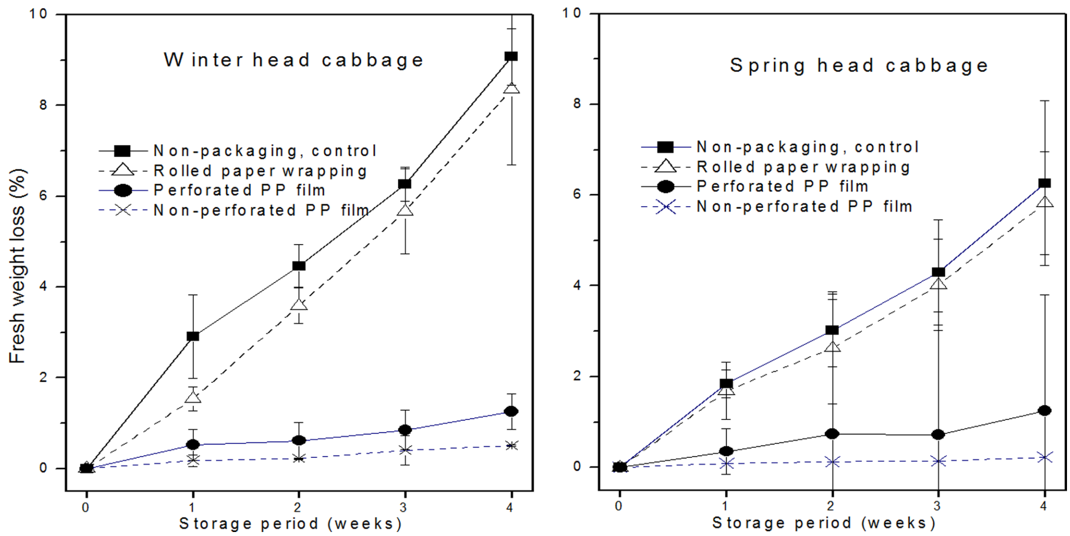
3. 생체중량

알배추 수확 후 저장 중의 생체중량 변화는 포장 방법과 수확 전·후 요인 별 상호작용으로 차이를 보였다(Fig. 3). 생체중량 변화에서 필름에 의한 포장 방법이 생체중량 변화에 크게 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, 포장 방법에 따른 생산시스템과 같은 수확 전·후 요인의 상호작용에 따라서도 유의 차이를 보였다. Fig. 3에서 알배추 저장 시 필름 포장 여부에 따라 생체중량이 저장 중 큰 영향을 미쳐, 포장을 하는 것이 생체중량 변화를 억제시키는 것으로 보이며, 필름 포장을 하면 포장 재료에 따라 필름으로 포장한 유공과 무공 필름은 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 그러나 재배 방법에 따른 생산시스템과 같은 수확 전 요인은 저장 중에 생체중 변화에 큰 영향을 미치지 못하였다. 포장 방법에 따른 경시적 차이를 보면, 포장을 하지 않은 대조구와 종이포장은 필름 포장한 것에 비해 저장 1주부터 생체중량 변화에 차이를 보였으며, 저장기간이 경과함에 따라 더 커지는 것으로 나타났다. Fig. 3에서 알배추의 생체중량은 작형별 재배 방법에 따른 생산시스템 차이에서 유의성이 없었으나, 수확 후 포장 방법과 수확 전 요인의 교호작용 효과로 인해 생체중량의 변화에 차이를 보였다. 알배추의 저장 2주째 변화를 보면, 월동배추의 무처리인 무포장이 4.5%이었으며, 봄배추의 무포장은 3.0%의 생체중량 감소를 보였고, 포장을 한 처리구에서는 종이포장에서 월동배추는 3.6%이고, 동일포장의 봄배추는 2.6%이었으며, 필름 포장에서 유공 PP필름 포장의 봄배추가 0.7%이었고 동일의 월동배추가 0.6%이었으며, 무공 PP필름 포장은 월동배추가 0.2%이었고, 무공의 봄배추가 0.03% 순으로 감소율을 보였다. 저장 4주 종료 시 포장 방법에 따라서는 무포장으로 저장한 경우 6.2~9.1%로 생체중량 감소 정도가 가장 컸다. 저장 4주에 무공의 포장 처리한 방법이 0.1~0.5% 정도의 생체중량 감소를 보였으며, 유공의 포장 처리도 0.7~0.8%으로, 모든 필름 포장이 1%이하로 필름

Table 1. Growth parameters of Korean head cabbage as affected by different cropping pattern

Cropping pattern	Head			Leaf				No. of	Formation
	Height(cm)	Width (cm)	Weight(g)	Height(cm)	Width (cm)	Weight(g)	Thickness(mm)	Leaves	Index
Winter kimchi cabbage	21.2	15.0	1,878.6	27.9	17.7	81.9	9.0	69.7	78.2
Spring kimchi cabbage	20.1	11.7	973.4	23.7	14.4	61.8	6.8	48.4	61.7
T-test	NS[1)]	NS	**	NS	NS	*	*	*	-

[1)]NS, *,** indicate non-significant and signifcant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, respectively.



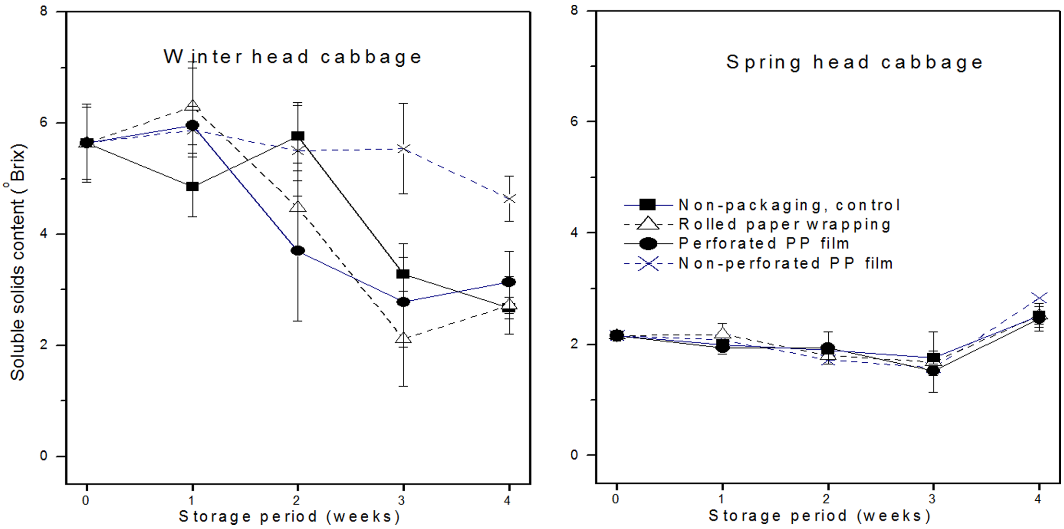
Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		NS[3]	NS	NS	*
B		***	***	***	***
A×B		*	**	**	**

Fig. 3. Changes in the fresh weight loss of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3]NS, *,**,*** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$, respectively.

포장 방법 간의 중량 감소 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 원예작물 저장 중 생체중의 감소는 호흡과 수분 증발에 의한 것으로 알려져 있는데[18], 본 연구에서는 무공 PP 필름으로 밀폐한 포장 방법은 기밀이 잘 되어 수분 증발이 적어 생체중량 감소 정도가 적게 나타난 것으로 보인다. 채소 작물에서 대부분의 수분함량은 90~95% 정도[19]로, 수분 손실에 의한 생체중량이 5% 정도 감소하면 상품성이 없는 것으로 알려져 있다[20]. 그러나 알배추는 Fig. 1과 같이 배추 외관은 포엽 형태의 잎이 결구되는 형태학적인 특징으로 인해, 외엽을 제거만 해도 다시 상품성을 가질 수 있어서, 다른 작물과 달리 수분손실에 따른 5% 정도의 생체중량 감소가 크게 상품적 가치 손실에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되었다. 알배추의 배추 작형에 따른 생산시스템 방식과 포장 방법에 따른 생체중량 감소율을 보면(Fig. 2), 알배추 저장 중 수확 전 요인보다는 수확 후 포장 방법이 더 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 Yang 등[21]은 상추에서 생체중량의 증감 폭은 수확 전 요인보다는 수확 후 포장 및 저장 방법 등의 저장요인에 따라 큰 영향을 받는 것으로 보고한 것과 같이, 알배추의 경우에도 작형과 같은 생산시스템에 따른 차이보다는 포장 방법에 따른 수확 후 요인에 의해 차이를 나타나는 것으로 보인다. 본 연구에서 알배추 저장 시 중량 감소에서 재배 방식과 같은 생산시스템의 수확 전 요인에 의해서 수확 이후에 생체중량 감소에 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며, 알배추의 생체중량 감소는 수확 전 요인보다는 포장 방법과 같은 수확 후 요인에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 보면 포장 방법이 알배추 저장 중 생체중량 유지에 중요한 역할을 하며, 포장 방법은 무공 PP 필름 포장이 가장 효과적인 것으로 관찰되었는데, 이는 밀폐 포장이 생체중량을 유지하는데 효과적임을 시사한다. 따라서 알배추의 수확 후 유통 과정에서 적절한 포장 방법 선택이 품질 유지 및 상품성 보존에 결정적인 요소로 작용할 수 있는 것으로 보였다.

4. 가용성 고형물 함량(solid sugar content)

알배추의 수확 후 가용성 고형물 함량(soluble solids content; SSC)은 생산시스템에 따라 차이를 보였으며, 저장 초기와 비교하여 저장 중에 가용성 고형물 함량은 감소하는 것으로 판단된다. 알배추의 가용성 고형물 함량(SSC)은 재배 방법에 따른 생산시스템 차이에 따라 유의 차이를 보였으며, 수확 전 생산시스템과 같은 재배적 요인과 포장 방법과 같은 수확 전·후 상호작용으로 저장 중에 차이를 보이기도 하였다. 경시적인 변화를 보면, 알배추의 가용성 고



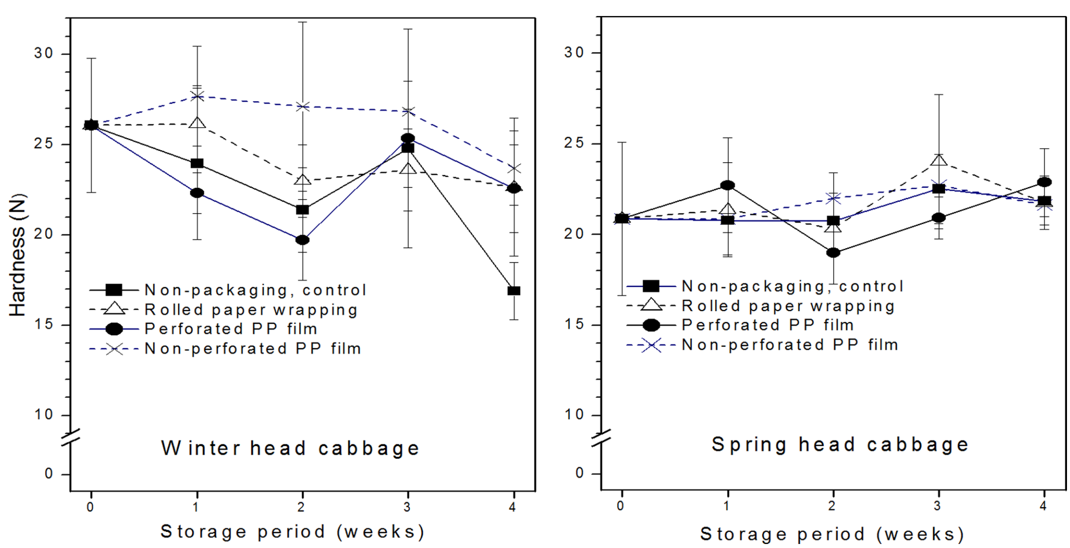
Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		***[3]	***	***	***
B		NS	NS	NS	NS
A×B		NS	*	***	NS

Fig. 4. Changes in the SSC (solid sugar content) of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3]NS, *,**,*** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$, respectively

형물 함량 변화는 재배 방법에 따른 생산시스템 차이에 따라 변화 경향이 달랐는데, 월동배추는 저장 동안에 감소하는 경향을 보였으나, 봄배추는 초기 가용성 고형물 함량 변화 정도가 뚜렷하게 증감 변화 패턴을 보이지 않았다. Fig. 4에서 알배추의 가용성 고형물 함량은 저장 초기에 월동배추가 5.6 °Brix로 봄배추의 2.2 °Brix와 차이를 보였으며, 저장 4주에 월동배추 2.7~4.6 °Brix, 봄배추 2.5~2.8 °Brix으로 지속적으로 격차가 나타났다. 저장 2주째에 알배추에서 생산시스템과 포장 방법의 수확 전·후 요인에 따른 영향이 있었는데, 월동배추에서 무처리인 무포장이 5.8 °Brix이었으며, 월동배추의 무공 PP필름 포장이 5.5 °Brix이었고, 월동배추 종이포장에서 4.5 °Brix이고, 월동배추 유공 PP필름 포장이 3.7 °Brix이었다. 봄배추의 무포장은 1.9 °Brix이었고, 포장을 한 처리구에서는 유공의 봄배추가 1.9 °Brix이었으며, 봄배추의 종이포장에서 1.8 °Brix이었고, 무공의 봄배추가 1.7 °Brix의 순이었다. 저장 동안 알배추의 가용성 고형물 함량 변화는 수확 전 생산시스템과 같은 요인에 따라 차이를 보였으며, 생산시스템과 포장 방법 간의 상호작용으로 저장 중에 가용성 고형물 함량이 영향을 받는 것으로 나타났다. 가용성 고형물 함량이 저장 중 생산시스템과 같은 수확 전 요인에 따라서는 월동배추에서 높은 경향을 보였고, 수확 포장법에 따라서는 무공의 필름 포장한 것이 높은 추세를 보였다. 재배 방식 중에 월동배추 작형의 알배추는 가용성 고형물 함량이 감소하는 패턴을 보였는데, 이는 Choi 등[22]의 결과와 같이 호흡과 같은 대사작용으로 인해 기저물질이 소모되어 감소되는 것으로 생각된다. Park과 Yoon[23]은 사과에서 수확 후 저장 중에 축적된 전분의 당화현상으로 인해 당도가 증가한다고 하였으나, 배추는 과일이 아닌 엽채류로서 당분이 전환되는 가용성 고형물 함량 증가는 보이지 않았으며, 월동배추는 호흡에 의한 기저물질 소모로 가용성 고형물 함량이 감소는 것으로 생각된다. 다만 봄배추는 초기부터 가용성 고형물 함량이 낮고 저장 동안에 포장 방법 간의 변화 정도가 적어 차이를 확인하기가 어려웠다. 이는 봄배추는 가용성 고형물의 축적이나, 저장 중에 대사 활동이 월동배추와 다르게 작용하고 있는 것을 시사한다. 알배추 가용성 고형물 함량은 저장 후 포장에 의해서 차이를 나타내기도 하였는데, 월동배추의 필름 포장한 것이 높게 유지하는 추세를 보였다. 연구결과를 보면, 알배추에서 가용성 고형물 함량은 수확 후 포장 방법에 따른 차이보다 수확 전 생산시스템과의 상호작용의 영향으로 월동배추의 무공 필름 포장한 것이 다른 처리보다 높은 경향을 보였다.

5. 경도

알배추 생산시스템과 포장 방법에 따른 종륙의 경도를 Fig. 5에 나타내었다. 알배추 저장 중에 내부엽의 경도는 재배 방법에 따른 생산시스템 뿐만아니라, 포장 방법과 상호작용으로 저장 중에 차이를 보이기도 하였다. 알배추 저장 중에 내부엽의 경도는 수확 전 생산시스템에 따라 월동배추가 봄배추 보다 높아서 유의 차이를 보였으며, 생산시스템 별 포장에 따른 상호작용으로 저장 중에 차이를 보이기도 하였다. 알배추의 경도는 월동배추의 무포장이 높은 경향을 보였으나, 저장이 지속됨에 따라 효과가 상쇄하여 저장 종료 시에는 차이를 언급하기 어려웠다. Fig. 5에서 경시적인 변화를 보면, 알배추의 저장 중 경도 변화는 수확 전 생산시스템에 따라 변화 경향이 달랐는데, 월동배추는 저장 동안에 경도가 감소하는 경향을 보였으나, 봄배추는 초기 경도 변화 정도가 뚜렷하게 증감의 변화 없이 유지하는 경향을 보였다. Fig. 5의 저장 초기 알배추 경도 변화에서 월동배추는 26.1 N으로 봄배추의 20.9 N과 저장 초기부터 차이를 보였으며, 포장에 따른 수확 전·후 요인의 효과가 서로 상호작용을 갖으며 상가적이지는 않았으나, 저장 후기에는 영향이 상쇄하여 효과가 감소하는 것으로 나타났으며, 저장 종료 시 수확 전·후 요인에 따라 유의 차이를 보이기도 하였으나, 저장 중에 효과가 상쇄하여 저장 종료 시에는 차이를 언급하기 어려웠다. 저장 2주에 월동배추의 무공 PP필름 포장이 27.1 N, 봄배추의 무공 PP필름 포장이 22.0 N이었으며, 월동배추 종이포장에서 23.0 N이고, 월동배추에서는 무처리인 무포장이 21.4 N이었으며, 봄배추의 무포장이 20.7 N이고, 봄배추의 종이포장이 20.3 N이며, 월동배추 유공 PP필름 포장이 19.7 N이었고, 봄배추 유공 PP필름 포장이 19.0 N이었다. 경도가 수확 전·후 요인에 따라 저장 중 유의 차이를 보였으나, 저장 중에 효과가 상쇄하여 저장 종료 시에는 차이를 언급하기 어려웠다. 경도는 조직감과 관계가 있어, 질김이나 유연 정도를 나타낼 수 있다[24,25]. Kim 등[26]은 원예작물의 저장 중에 경도는 변화하는데, Chang 등[27]은 세포벽을 구성하고 있는 다당류의 분해로 인하여 경도가 감소된다고 하였다. Chang과 Lee[18]은 생식으로 이용되는 엽채류의 경도는 씹힘성과 연관 있어, 상품성과 소비자 평가에 중요한 요소로 보았다. 경도 변화 원인은 식물 조직의 표면 수분 증발로 생체중량이 감소하면서 밀도 증가와 세포간 응집 및 결합이 약해지면서 아삭한 정도나 단단한 정도, 질김과 같은 조직 특성이 나빠지기 때문으로 알려져 있다[18]. 배추의 경도는 저장 기간 중에 감소하는데, 알배추 경도는 저장 초기부터 월동배추 생산시스



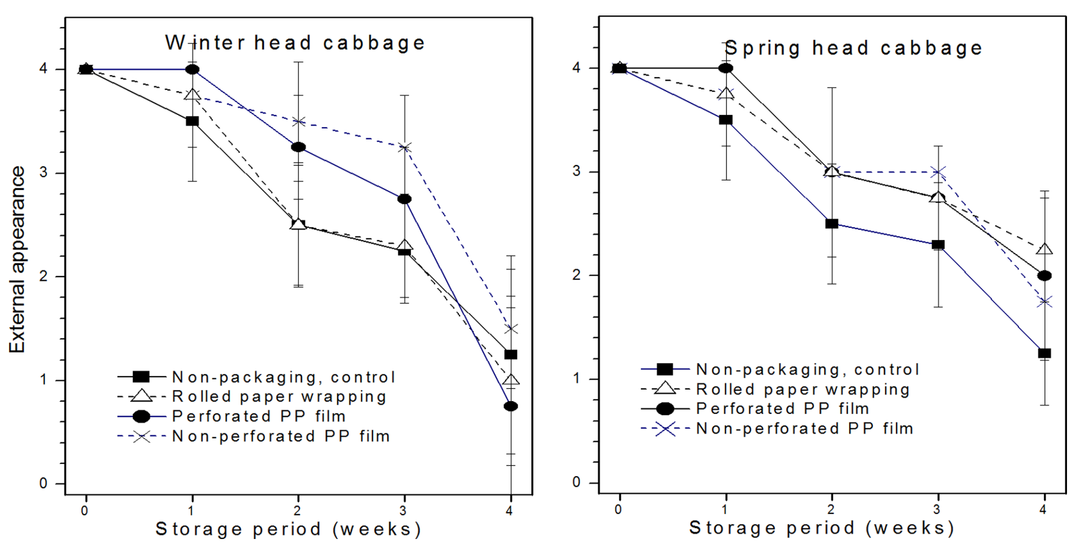
Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		***[3]	*	**	NS
B		NS	NS	NS	NS
A×B		*	*	NS	NS

Fig. 5. Changes in the hardness of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1] Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2] Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3] NS, *,**,*** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$, respectively.

템이 봄배추보다 높고, 무공 PP필름 포장이 경도가 유지되는 경향을 보였다. 저장 후반부로 갈수록 경도가 감소하면서 알배추의 수확 전·후 요인에 따른 효과가 상쇄하여 저장 종료 시에는 차이를 확인하기 어려웠다. 알배추의 저장 중 경도는 수확 전 생산시스템의 영향이 크고 포장방법에 따라 유지 정도가 달라질 수 있는 것으로 나타났다. 이는 알배추 생산 및 수확 후 유통 방법을 개선하는 데 실용적인 정보를 제공할 수 있는 것으로 보인다.

6. 선도 및 외관 변화

알배추는 저장기간 동안에 선도가 감소하면서 상품성이 낮아졌다(Fig. 6). 알배추의 외관 변화에 따른 선도를 보면 알배추 수확 시 상품성 감소는 생산시스템과 포장 형태에 따른 수확 전·후의 영향에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 알배추 저장 중에 유의 차이를 보이기도 하였으나, 요인 간의 효과가 서로 상가적인 것으로 나타났다. Fig. 6에서 상품성 지수를 보면, 노지에서 재배하고 저장해서 생산한 월동배추와 시설 내에서 재배한 봄배추를 수확 후 포장 방법별 저장기간에 따라 저장 동안에 상품성을 비교하였다. 알배추의 선도 평가를 통한 상품성 변화에서 외관이 저장 2주와 3주에는 생산시스템과 포장형태에 따라 차이를 구분하기 어려웠다. Fig. 6에서 저장 2주째 알배추 생산시스템과 포장 방법에 따라서는 월동배추 무공 PP필름 포장이 3.5이었고, 월동배추 유공 PP필름이 3.3이었으며, 봄배추 무공·유공의 PP필름과 종이포장이 3.0이고, 월동배추와 봄배추의 무처리가 2.5, 월동배추의 종이포장이 2.3이었다. 저장 3주에는 월동배추 무공 PP필름 포장이 3.5이었고, 월동배추 유공 PP필름 포장이 3.3이었고, 봄배추의 무공 PP필름 포장이 3.0으로 판매가능한 상품성을 유지한 것으로 나타났다. 그러나 월동배추와 봄배추의 무포장 처리는 2.5이고, 월동배추의 종이포장이 2.3으로 상품적인 가치를 상실한 것으로 보였다. 알배추의 지수가 3점까지를 판매 가능한 상품성으로 간주할 때 생산시스템과 포장 방법에 따른 경시적 변화로 상품성 유지기간을 판단해보면, 저장 1주까지는 월동배추 종이포장(3.8) 및 월동배추와 봄배추의 무처리(3.0)이었고, 저장 2주에는 월동배추 유공 PP필름(3.3)과 봄배추 유공 필름/종이포장(3.0)으로 가능하였으며, 저장 3주까지는 PP필름의 무공 포장의 월동배추(3.3)과 봄배추(3.0)가 가능한 것으로 나타났다. 일반 소비자가 농산물 구매 시 외관에 따른 판단이 중요한데[28], 포장 방법에 따라 소비자의 선택



Crop production system (A)[1)]	Packaging method (B)[2)]	1	2	3	4
A		NS[3)]	NS	NS	*
B		NS	NS	*	NS
A×B		NS	NS	NS	NS

Fig. 6. Changes in the external appearance of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean ± SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
Grades based on appearance evaluation: 4 = very good, 3 = good and merchandise preservation, 2 = poor, 0 = very poor, rotting.
[1)]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2)]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3)]NS, * indicate non-significant and significant at $p \le 0.05$, respectively

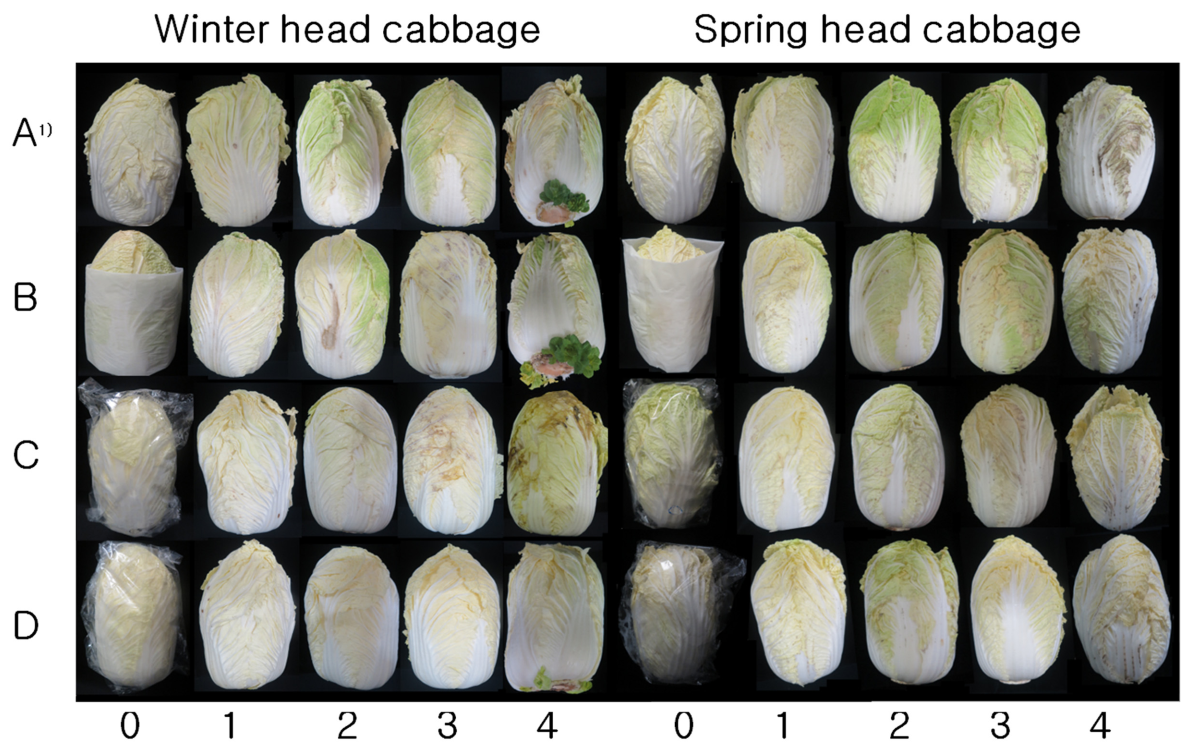
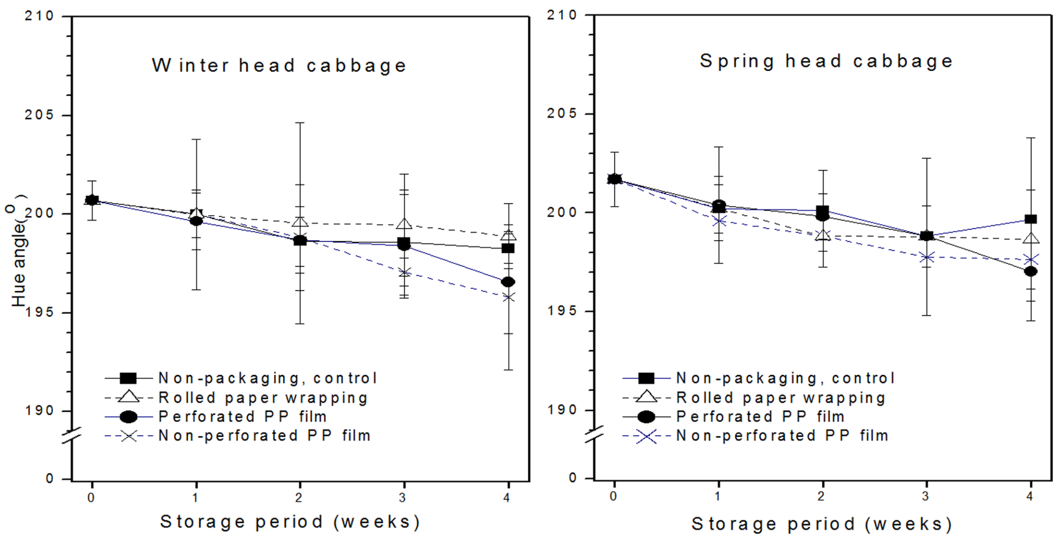


Fig. 7. Changes in the appearance of Korean head cabbage as affected by different crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
1)Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.

이 달라진다고 하였다[29]. Park 등[30]은 원예작물 저장 방법과 필름 포장재가 선도에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였으나, Lee 등[5]은 포장 방법에 따라 저장 중에 선도가 달라진다고 하였다. 알배추의 본 연구 결과에서는 포장 방법에 따른 선도 유지에서 무공의 PP필름 포장이 다른 포장 방법에 비해서 외형이 저장 후기까지 다소 양호한 경향을 보였으나, 월동배추의 무공 PP필름 포장은 저장 후기에 이취가 많이 발생하여 이에 대한 대비가 필요한 것으로 보인다. 봄배추를 이용한 알배추는 저장 중 내부 갈변 이외에도 생리증상인 깨씨무늬 증상이 함께 발생하여, 재배 중 영양성분에 대한 충분한 고려를 통한 시비가 필요한 것으로 나타났다. 원예산물의 수확 후 품질은 수확 전 요인이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[20]. 그러나 알배추 저장 중 외관 변화에서 상품가치가 떨어지는데, 다른 원예작물과 달리 생산시스템과 포장 방법에 따른 수확 전·후의 처리효과가 저장 중에 미치는 영향이 불분명한 것으로 보인다. 다만 필름 포장과 같은 수확 후 처리를 통해 다소 외관이 높게 유지되는 경향을 보여 상품성 보존 효과를 나타나기도 하였다.

7. 색상각

알배추의 재배 방법에 따른 생산시스템과 포장 형태에 따라 저장 동안에 색상각(hue angle)은 유의 차이를 보이지 않았으며, 변화 패턴을 언급하기 어려웠다(Fig. 8). Hue angle은 저장 시의 월동배추와 봄배추의 저장 초기에는 198.8~200.0°이었고, 저장 시 변화 정도의 측정치는 195.8~202.2°의 hue angle 값을 보였으나, 저장 동안에 hue angle 값은 진폭을 거듭을 하며 변화 패턴이 불균일하여 경향을 파악하기 어려웠다. Hue angle 값은 180°에 가까울수록 초록색을 띠는 것을 의미하며[31], 측정값이 변하는 것은 작물의 변색되어 품위가 낮아지는 것을 의미한다. 알배추 저장 동안 hue angle 값이 낮아지며 변색되는 것을 확인할 수 있었으나, 수확 전·후의 생산시스템이나 포장법과 같은 요인에 따른 차이로 인한 유의 차이는 보이지 않았다. 포장 여부에 따라 필름으로 포장한 것은 포장 내에 습도를 보존하여 hue angle 값을 높게 유지시키는 경향이 있는 것으로 보였으나(Fig. 6), 포장재의 차이에 따른 큰 차이를 나타내지는 않았다. 본 연구 결과는 Cho 등[32]이 필름 포장으로 chlorophyll 분해를 억제하여 색도가 유지되었다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다. 무포장의 hue angle 값이 다소 낮은 경향이었는데, 이는 수분 감소 등으로 인해 chlorophyll의 분해 진행이 촉진되어 값이 떨어진 것으로 보인다. 색상각은 생산시스템 및 포장 방법의 차이가 수확 후 저장 중의 큰 영향을 미친다고 언급하기는 어려워 보인다.

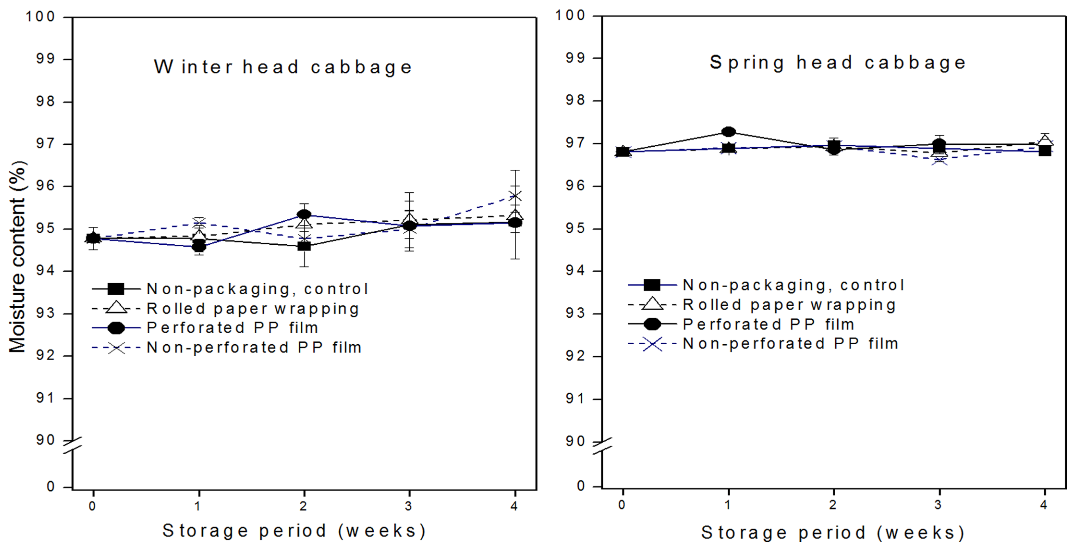


Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		NS[3]	NS	NS	NS
B		NS	NS	NS	NS
A×B		NS	NS	NS	NS

Fig. 8. Changes in the hue angle of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean ± SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3]NS indicate non-significant at $p \leq 0.05$.

8. 수분함량

알배추의 생산시스템과 포장별 수확 전·후 요인에 따른 수분함량 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 알배추 저장기간 동안에 결구된 내부엽에서 중륵 부위의 수분함량을 측정하였다. 알배추 수분함량은 생산시스템에 따라서 봄배추가 월동배추 보다 수분함량이 높아서 유의한 차이를 보였으며, 저장 초기에 작형과 같은 생산시스템 별 포장 방법에 따라서도 저장 중에 차이를 보이기도 하였다. 그러나 알배추의 저장이 지속됨에 따라 수확 전·후의 효과가 상쇄하여 저장 종료 시에는 상호작용에 따른 차이를 언급하기 어려웠다. 알배추의 수분함량은 봄배추가 월동배추 보다 높았는데, 저장 동안에 봄배추는 수분이 96.8~97.1%이었으며, 월동배추는 94.8~95.8%이었다. 알배추 생산시스템에 따른 포장형태와 수확 전·후 요인의 상호작용에 따라 저장 초기부터 2주까지는 차이를 보였으나, 저장이 지속됨에 따라 월동배추의 수분함량이 증가하면서 효과가 상쇄하는 것으로 나타나, 저장 종료 시에는 차이를 언급하기 어려웠다. 저장 2주째에 생산시스템과 포장 방법에 따른 차이는 봄배추의 무처리와 무공 PP필름이 97.0%이고, 봄배추의 종이포장과 유공 PP 필름은 96.9%이었으며, 월동배추의 유공 PP필름 95.3%이었고, 월동배추의 종이포장이 95.1%, 월동배추의 무공 PP 필름 94.8%이고 월동배추의 무포장은 94.6%순이었다. 배추의 작형별 수분함량은 식품의약안전처 자료[33]와 같이 작형과 같은 생산시스템에 따라 차이를 나타났는데, Kim 등[34]은 계절적으로 작형과 같은 환경의 차이에 의해 작물의 수분 흡수 정도 차이에서 기인한 것으로 보았다. Lee 등[3]은 적절한 조건에서 저장은 배추 작물 체내까지 변화를 줄 정도로 영향을 미치기 어려웠다고 보고하였다. 본 연구에서 알배추도 저장 중 수분함량은 95%이상으로 저장기간 동안 높은 함량이 유지되고 있어, Lee 등[3] 보고와 같이 저장 시 Fig. 2의 필름 포장은 포장재 내의 높은 습도로 인해 배추 내부에까지 수분함량에 영향이 없는 것으로 판단된다. 알배추 저장에서 배추의 생체중량 감소는 Fig. 7과 같이 외부의 겉잎 만의 영향으로 보이며, Fig. 9과 같이 배추의 내부 수분함량까지는 영향이 없는 것으로 나타났다. 알배추의 수분함유량 변화는 재배 방법에 따른 생산시스템 차이에 따라 수분함량 수준의 차이가 달랐는데, 수확 후에는 봄배추가 월동배추보다 높은 경향을 보였다. 그러나 저장이 지속됨에 따라 월동배추의 수분함량이 증가하고 포장 방법에 따라서는 차이가 명확하지 않아 처리 간의 효과를 파악하기가 용이하지 않았다. 알배추 수분함량은 봄배추는 월동배추에 비해 수분함량이 높았으며, 포장 방법은 내부의 수분함량에



Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		***[3]	***	***	***
B		NS	NS	NS	NS
A×B		***	*	NS	NS

Fig. 9. Changes in the moisture content of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3]NS, *,*** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.001$, respectively.

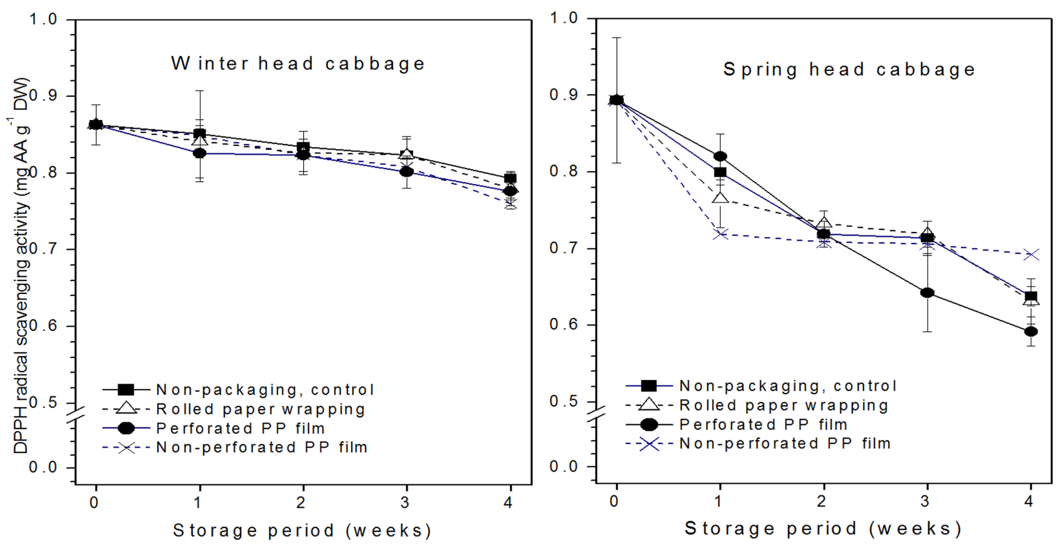
유의할 정도로 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

9. DPPH

알배추 생산시스템과 포장 조건에 따른 알배추 저장 중 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디컬 소거능을 측정한 결과는 Fig. 10과 같다. 알배추는 저장기간이 경과함에 따라 DPPH 측정치가 감소하였는데, 생산시스템에 따라 차이를 보였으며, 수확 전·후 요인에 상호작용에 따라 유의 차이를 나타내었다. 알배추 저장 2주째에 생산시스템과 포장법에 따라서는 월동배추의 무처리와 종이포장은 0.83 mg $AA \cdot g^{-1}DW$이었고, 월동배추의 유공과 무공 PP필름은 0.82 mg $AA \cdot g^{-1}DW$이었으며, 봄배추는 종이포장이 0.73 mg $AA \cdot g^{-1}DW$이었고, 봄배추의 무처리와 유공 PP필름은 0.72 mg $AA \cdot g^{-1}DW$, 봄배추의 무공 PP필름은 0.71 mg $AA \cdot g^{-1}DW$이었다. Fig. 10에서 알배추의 DPPH 감소 정도는 봄배추 생산시스템에서 큰 것으로 나타났다. DPPH는 천연소재나 신선물의 항산화 활성 정도를 분석하는데 이용되며, 안정적인 free radical의 항산화제로, 방향족 아민류 등에 환원되어 탈색되는 원리로 측정하게 된다[12]. DPPH 라디컬 소거능 항산화 발현 시, DPPH 라디칼 소거능이 우수하면 총 페놀함량 또한 높은 양의 상관관계가 있다고 알려져 있다[18]. Bae 등[35]은 저장 중 신선편이 로메인 상추의 DPPH 라디컬 소거능이 감소한다는 결과와 같이, 본 실험에서 알배추도 저장 후 DPPH 라디컬 소거능이 감소하는 경향을 보였다. DPPH 라디컬 소거능의 변화는 알배추 생산시스템에서 봄배추가 월동배추 보다 감소 정도가 컸으며, 포장 방법에서 필름 포장이 다른 포장 방법보다는 약간 높은 수치를 보였으며, 무처리인 무포장은 필름 포장을 한 것에 비해 낮은 경향을 보였다. 알배추와 같은 원예산물의 저장 중에 품질 이외의 영양 및 생리활성 효과에 대한 연구를 통한 다각적인 측면에서 선도 유지와 같은 특성에 대해 향후에 보다 규명할 필요가 있다고 생각된다.

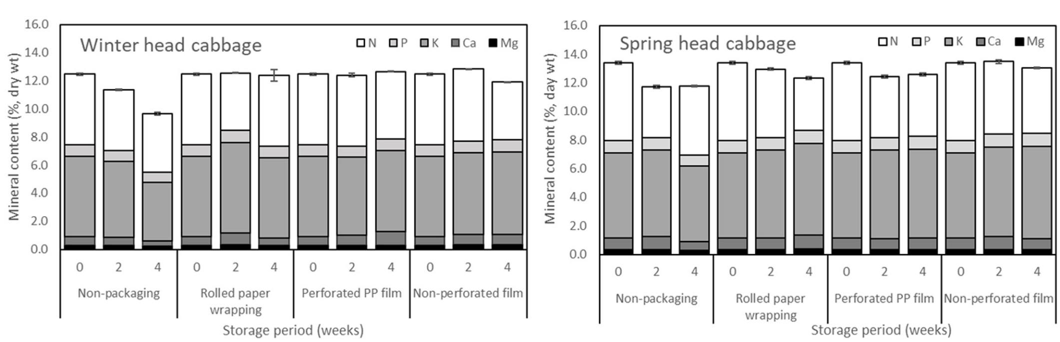
10. 무기 성분 함량

알배추 저장 중 무기성분인 N, P, K, Ca, Mg 함량이 저장기간 동안 포장 방법에 따라 차이를 보였다(Fig. 11). 알배추 저장 중의 N, P, K, Ca, Mg 등의 무기 성분의 함량은 저장 중기와 말기에 수확 전·후 요인에 영향을 받아 유의 차이가 달랐다. 포장 방법과 같은 수확 후 요인은 지속적으로 영향을 받아 차이를 보인 반면에, 재배 작형과 같은 생산시스템은 수확 전 요인에 따른 상호작용은 저장 중기까지만 영향을 미치는 것으로 나타났다. 무기성분 별 변



Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	1	2	3	4
A		**[3]	***	***	***
B		NS	NS	NS	NS
A×B		*	*	NS	*

Fig. 10. Changes in DPPH of Korean head cabbage as affected by different crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3] NS, *,**,*** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$, respectively.



Crop production system (A)[1]	Packaging method (B)[2]	2	4
A		*[3]	NS
B		**	*
A×B		*	NS

Fig. 11. Changes in mineral content of Korean head cabbage as affected by crop production system and packaging methods used during 4 weeks of storage at 10°C.
Data represent the mean±SD of five replicates. Some error bars are masked by the symbol.
[1]Refer to Fig. 2 for crop production system.
[2]Refer to Fig. 1 for the types of packaging used.
[3]NS, *,** indicate non-significant and significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, respectively.

화 양상은 알배추 무포장에서 N과 K 함량 감소로 인해 다른 포장 방법과 함량 차이를 보였지만, P, Ca, Mg 함량에는 큰 변화가 없었다. 알배추 작형에 따른 생산시스템에 따라서 저장 2주에 무기함량 변이 정도에 차이를 보였지만, 저

장이 지속됨에 따라 영향이 상쇄하는 것으로 나타났다. Fig. 7에서 저장한 배추의 외형 변화를 보면 봄배추와 달리 월동배추는 근부의 액아 발생과 생장으로 인해 알배추 내의 N, P, K, Ca, Mg와 같은 무기 성분의 양분 재구배가 일어나 함량에 차이를 보일 것으로 예측하였으나, 무처리를 제외한 포장 방법에 의해서는 큰 변화를 나타내지 못하는 것으로 보였다. 배추과 채소에서 붕소(B) 등 미량 요소는 식물조직 발달과 생장, 건물중 등에 영향을 미치는데[36], 본 연구에서 식물 조직과 연관 있는 붕소(B)와 같은 미량요소에 대해서 측정하지는 못하였는데, 미량요소에 대한 수 후 관리의 고찰이 전무하여 향후에 미량요소에 대한 규명이 필요할 것으로 보인다. 본 연구를 보면 알배추의 생산시스템에 따른 저장 중 무기성분 함량은 포장 방법에 따라서 무포장의 경우에는 저장이 지속됨에 따라 차이를 보였지만, 포장을 해주는 것만으로도 무기원소 함량 변화를 다소 완만하게 지연시키는 것으로 나타났다. 연구 결과, 알배추 무기성분 함량의 생산시스템 영향은 저장 중기까지만 미쳤으며, 포장을 해줌으로써 저장 중에 무기성분의 소모를 지연시켜 , 무기성분을 완만하게 유지하는 효과가 있었다.

요 약

봄철에 이용되는 알배추의 생산시스템 별 수확 후 포장법에 따른 차이를 비교하였다. 최소가공으로 신선편이와 같이 이용되는 알배추를 봄철에 생산에서부터 유통되는 현황과 수확 후 특성을 파악하였다. 알배추는 작형과 재배 방법이 다른 생산시스템의 월동배추인 ‘청남’과 봄배추인 ‘고향쌈배추’를 이용하여 최소가공 후 저온(10°C)으로 저장하면서 특성 변화를 조사하였다. 봄철 알배추 생산은 김치 제조를 위한 배추 유통과 유사하였다. 알배추 생산시스템에 따른 생육 특성은 측정 항목에 따라 차이를 보여, 월동배추에서 생체중 등의 생육량이 큰 것으로 나타났다. 알배추의 수확 후 가용성 고형물 함량(SSC), 경도, DPPH 등은 생산시스템에 따라 차이를 보여, 월동배추를 이용한 알배추가 봄배추보다 높은 수준을 유지하는 것으로 나타났으며, 저장 중 포장 방법에 따라서 효과를 보이기도 하였다. 알배추 생체중량 변화는 포장 방법에 따라 큰 차이가 나타나서, PP 필름의 유·무공 포장에서 변화 정도가 적었다. 알배추의 저장 동안에 선도는 감소하지만 외관 변화가 수확 전·후 요인의 영향이 뚜렷하지 않았으나, 수확 후 필름 포장을 통해 다소 외관이 유지되는 경향을 보였다. 본 연구를 통해 봄철에 이용되는 월동배추와 봄배추의 생산시스템과 포장 별 차이에 따른 수확 전·후 요인이 알배추를 최소가공 이용 시 품질과 수확 후 특성에 미치는 영향을 검토하였으며, 농산업 분야에서 알배추를 이해하기 위한 자료로 활용 가능할 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 국립원예특작과학원의 연구사업으로 ‘오이 과채류의 대용량 active modified atmosphere 포장에 의한선도유지 기술 개발(PJ01387602)’의 추가 시험 내용으로 수행하였습니다. 본 연구의 유통단계 안내와 사진자료들을 제공해주신 선진농협의 조한호님과 한경푸드프레시의 김기홍님에게 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, J.S. 2019. Comparison of packaging methods to prolong the freshness and quality of Korean head cabbage (*Brassica rapa*). Korean J. Packag. Sci. Tech. 25:101-109.
2. Shim JY, Kim DG, Park JT, Kandpal LM, Hong S, Cho, B.K. and Lee, W.H. 2016. Physicochemical quality changes in Chinese cabbage with storage period and temperature: A review. J. of Biosystems Eng. 41:373-388.
3. Lee, J.S., Choi, J.W., Chung, D.S., Lim, C.I., Park, S.H., Lee, Y.S., Lim, S.C. and Chun, C.H. 2007. Cold storage, packing and salting treatments affecting the quality characteristics of winter Chinese cabbages. Korean J. Food Preserv. 14: 24-29.
4. Lee, J.S. 2020 Case study of winter kimchi cabbage storage with net packaging, and comparison of head growth and salting characteristics between winter and spring kimchi cabbage. J. Agric. Life Sci. 54: 25-35.
5. Lee, H.J., Min, S.G., Hwang, S.J. and Seo, H.Y. 2021. Comparison of the quality characteristics of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. spp. *Pekinensis*) by month. Food Eng. Prog. 25: 125-131.
6. Huang, Y.C., Yang, Y.H., Sridhar, K. and Tsai, P.J. 2021. Synergies of modified atmosphere packaging and high-voltage electrostatic field to extend the shelf-life of fresh-cut cabbage and baby corn. LWT-Food Sci. Technol. 138: 110559.
7. Li, H., Li, X., Wang, R., Xing, Y., Xu, Q., Shui, Y., Guo, X., Li, W., Yang, H., Bi, X. and Che, Z. 2020. Quality of fresh-cut purple cabbage stored at modified atmosphere packaging and cold-chain transportation. Int. J. Food Prop. 23:138–153.
8. 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.
9. Kim, S.J., Sun, S.H., Kim, G.C., Kim, H.R. and Yoon, K.S. 2011. Quality changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40:1141-1149.
10. Rural Development Administration (RDA). 2012. Standard item of agricultural experiment. RDA, Suwon, Korea. pp 439-526
11. 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 during low temperature storage. J. Korean Soc. Hort. Sci. 31: 219-225.

12. Karaca, H. and Velioglu, Y.S. 2014. Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. Postharvest Biol. Technol. 88: 46-53.
13. Seo, T.C., Lee, J.W., Kim, Y.C., Kim, K.Y. and Lee, B.Y. 2002. The characteristics of nutrient absorption of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown hydroponically in summer season. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:163-169.
14. National Institute of Agricultural Sciences (NIAS). 2012. Agricultural science and technology research survey analysis standards. NIAS, Suwon, Korea.
15. Wang, S.U. 2006. Distribution and packaging of Chinese cabbage and radish. Corrugated Packaging & Logistics. 65: 248-272.
16. Han, G.S. and Lee, R.H. 2013. A proposal to advance and analyze the real state of logistics and distribution in radish and Chinese cabbages. Korean J. Food Market. Eco. 30: 67-95.
17. Lee, K.H., Kuack, H.S., Jung, J.W., Lee, E.J., Jeong, D.M., Kang, K.Y., Chae, K.I., Yun, S.H., Jang, M.R., Cho, S.D. and Kim, G.H. 2013. Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). Korean J. Food Preserv. 20:182-190.
18. Chang, M.S. and Lee, J.S. 2017. Effects of packaging methods on the freshness during storage of lettuce harvested in summer season of Korea. Korean J. Food Preserv. 24:159-167.
19. Chung, H.D. 2000. Water management for improvement of quality and productivity of vegetable crops. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 18: 420-436.
20. Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI publishing, NY, USA.
21. Yang, Y.J., Park, K.W. and Jeong, J.C. 1991. The influence of pre- and postharvest factor on shelf life and quality of leaf lettuce. Kor. J. Food Sci. Technol. 23: 133-140.
22. Choi, J.H., Lim, J.H., Jeong, M.C. and Kim, D.M. 2005. Effect of high CO_2 pre-treatment on quality of ‘Hikawa Hakuho’ peach fruits. Korean J. Food Preserv. 12: 540-545.
23. Park, Y.M. and Yoon, T.M. 2012. Effects of postharvest 1-MCP treatment, storage method, and shelf temperature on quality changes of ‘Gamhong’ apples during export simulation. Korean J. Hort. Sci. Technol. 30: 725-733.
24. Choi, S.G. and Rhee, C. 1995. Effects of freezing rate and storage temperature on the degree of retro gradation, texture and microstructure of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 783-788.
25. Lee, J.H., Lee, H.J., Kim, S.K., Lee, S.G., Lee, H.S. and Choi, C.S. 2017. Development of growth models as affected by cultivation season and transplanting date and estimation of prediction yield in kimchi cabbage. Protected Hort. Plant Fac. 26: 235-241.
26. Kim, J.G., Choi, J.W. and Park, M.H. 2016. Effect of different days of postharvest and CO_2 concentrations on the quality of ‘Seolhyang’ strawberry during storage. Korean J. Food Preserv. 23: 12-19.
27. Chang, K.H., Lee, D.H., Kim, I.S., Kang, I.K. and Byun, J.K. 1999. Changes in the cell wall components during the softening in peach fruits. Hortic. Environ. Biotech. 40: 355-358.
28. Lim, C.J., Lee, J.S., Choi, J.W. and Choi, J.S. 2005. Analysis of buying behavior and preference to fruits in Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23: 351-355.
29. Kim, D.H., Park, J.W., Lee, S.H. and Ha, J.Y. 2013. A study on effects of design qualities and value in farm products on royalty. Korean J. Food Market Eco. 30: 27-42.
30. Park, J.D., Hong, S.I., Park, H.W. and Kim, D.W. 1999. Modified atmosphere packaging of peaches for distribution at ambient temperature. Kor. J. Food Sci. Technol. 31: 1227-1234.
31. Wu,Y., Tanaka,T. and Akimoto, M. 2020. Utilization of individual typology angle (ITA) and hue angle in the measurement of skin color on images. Bioimages 28:1-8.
32. Cho, M.A., Hong, Y.P., Choi, J.W., Won, Y.B. and Bae, D.H. 2009. Effect of packaging film and storage temperature on quality maintenance of broccoli. Kor. J. hort. Sci. Technol. 27:128-139.
33. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2024. National food composition database. MFDS, Chungju, Korea. https://various.foodsafetykorea.go.kr/nutrient/(2024.1.22.)
34. Kim, J.G, Bae, Y.S., Lee, J.S., Park, M.H., Choi, H.J. and Park, S.H. 2015. Kimchi cabbage, seasonal post-harvest management brings about method like this one, RDA, Wanju, Korea. pp. 3-64.
35. Bae, J.M., Lee, D.U., Jeong, M.C. and Choi, J.H. 2016. Change of quality characteristics in fresh-cut ‘Romaine’ lettuce by heat treatment. Korean J. Food Preserv. 23: 27-33.
36. Anh, Q.D., Asif, N. and Karl, H.M. 2022. Growth and distribution of boron in oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by boron supply. Plants 11:2746.

투고: 2024.04.06 / 심사완료: 2024.04.15 / 게재확정: 2024.05.03