

봄배추의 전처리 및 포장방법이 저온저장 중 선도유지에 미치는 효과

박세진^{1,2} · 김지영¹ · Andri Jaya Laksana^{1,3} · 김병삼^{1*}

¹한국식품연구원 안전유통연구단

²전남대학교 융합식품바이오공학과

³충남대학교 농업기계공학과 생물자원공정 및 환경제어공학 전공

Effect of Pre-treatment and Packaging Method on Freshness Prolongation of Spring Kimchi Cabbage during Low Temperature Storage

Se-Jin Park^{1,2}, Ji-Young Kim¹, Andri Jaya Laksana^{1,3}, and Byeong-Sam Kim^{1*}

¹Food Safety and Distribution Research Group, Korea Food Research Institute (KFRI)

²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University

³Department of Agricultural Machinery Engineering major Bioresources Process & Environment Control Engineering, Chungnam National University

Abstract This study was examined for investigating the quality changes of spring kimchi cabbage under various treatments (pre-drying/pre-cooling, packaging types, and stacking and loading in container and pallet in the storage room) during cold storage. The results showed that control (upward stacking without pre-drying/pre-cooling and HDPE or PVC film cover) was increased significantly in weight loss and trimming loss, compared to other treatments such as DPDH (downward stacking + pre-drying + HDPE), DPDP (downward stacking + pre-drying + PVC), DPCH (downward stacking + pre-cooling + HDPE), and UPCH (upward stacking + pre-cooling + HDPE) during storage for three months. In Sensory evaluation, judging from marketable properties, the desirable appearance of spring kimchi cabbage with the modified pallet-unit MA packed, PE, and PVC film wrapping could be maintained until 9 weeks after pre-drying/pre-cooling. Meanwhile, the control without any treatments after 6 weeks, the sensory score was declined, significantly. In general, the low temperature (10°C and 2°C) of pre-treatment with combination of plastic film packaging in spring kimchi cabbage storage could inhibit the physiological activity and reduce the direct exposure of environmental cold air in the storage. Therefore, these two variables were the key points for extending the shelf-life of spring kimchi cabbage.

Keywords Spring kimchi cabbage, Pre-drying, Pre-cooling, Low temperature storage, MA film packaging

서 론

배추는 십자화과에 속하는 두해살이 잎줄기채소로 주로 한국, 일본, 중국에서 많이 재배되어 봄, 여름, 가을에 생산되며, 우리나라에서 소비량이 가장 많은 채소 중 하나이다 (Bang 등, 2017)¹. 국내에서 시기별로 수확되는 배추에 따라 저장기간에 차이가 있는데, 늦가을에 수확하는 가을배추의

경우 다른 시기에 생산되는 배추보다 품질과 저장성이 우수하여 수확 후 3-4개월 동안 저장하면서 출하가 가능하지만, 고온기에 재배된 배추의 경우 생육환경이 불량하여 타기간에 재배된 배추에 비해 상대적으로 품질이 좋지 않으며, 1개월 이상 저장이 불가능하다(Bae 등, 2015)². 계절과 기후 변화에 좌우되는 배추 수급변동의 안정화를 위해서는 저장성이 높은 가을배추에 비하여 그 이용이 상대적으로 저조한 봄배추의 활용도를 높일 수 있도록 봄배추의 최적 저장기간과 저장조건을 확립할 필요가 있다(Bang 등, 2017)¹.

배추의 저장 수명을 연장하는 전처리 기술로 예전처리들 들 수 있으며(Eum 등, 2013)³, 강제통풍식 및 차압식 예냉 등을 적용하거나, 저장기술로 적입과 적재 시 PE 필름

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

을 이용하거나 저온 유통용 배추 포장 상자 개발 등에 대한 연구들이 보고되고 있다(Cho 등, 2017)⁴⁾. 예건은 채소 작물의 저장 전 건조 과정을 거침으로써 수확 후 수분 손실을 줄이는 처리로 배추는 다른 채소 작물보다 수분 함량이 높고 표면적이 넓어 수분 손실이 크고 저장고 내 상대 습도는 100%에 가깝게 유지되므로 부패되기 쉽기 때문에 저장 전 외엽이 건조된 후 입고시키면 이후 저장 중 건조한 외엽이 증산의 방해막 역할을 하여 수분 손실을 줄일 수 있다(Lee 등, 2001)⁵⁾. 예냉은 저장 전 과실의 품온을 인위적으로 낮추어 호흡 등의 대사 작용을 지연시키고 저장 양분의 소모와 수분 증산을 억제하여 저장기간을 증가시키는 방법이다(Park 등, 2020)⁶⁾.

포장은 농산물의 보관 및 유통 과정 중 물리적인 충격으로부터 보호해주는 역할을 할 뿐만 아니라 병충해 및 미생물과 등에 의한 오염, 그리고 온도 및 습도에 의한 변질을 방지하여 농산물의 선도를 유지시키는 기능을 한다. 플라스틱 소재가 비교적 가격이 저렴하고 여러 가지 형태의 가공이 용이 할 뿐만 아니라 투명하고 가벼운 장점을 가지고 있어 널리 사용되고 있다(Kim 등, 2009)⁷⁾. 포장재의 경우 polyethylene (PE), poly vinyl chloride (PVC), polypropylene (PP) film 등이 이용되며 종류와 두께에 따라 산소 및 이산화탄소 투과율이 다르며 이는 과채류의 품질 변화에 중요한 영향을 준다고 알려져 있다(Son 등, 2015)⁸⁾. 적재 방향과 관련하여 봄배추를 대상으로 진행된 연구에는 한국산 및 일본산 봄배추로 제조한 김치의 품질 및 기능성 비교(Park 등, 2013)⁹⁾가 있다. 현재 배추의 안정적인 수급과 품질 유지를 위해 저장 조건의 확립이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 여름철 원활한 배추 수급을 위해 봄철에 재배한 배추 ‘대통’ 품종에 다양한 전처리 방법(적입, 예건, 예냉 및 포장재)을 적용하여 저장 기간에 따른 품질 특성의 변화를 비교하고, 봄배추의 저장을 위한 최적의 전처리 및 저장 조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 전처리 조건

본 실험에 사용된 배추는 전라북도 순창에서 2022년 4월

2일에 정식하여 재배한 후 2022년 6월 8일 수확한 봄배추 (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) ‘대통’을 이용하였다. 수확된 배추는 산지에 저장 및 유통 중 사용하는 플라스틱 상자(PE-container: 가로 55×세로 37×높이 32 cm)를 이용하여 4~5포기씩의 배추를 정방향(배추 뿌리가 아래를 향하게) 으로 적입하여 저장하는 법을 대조군으로 하였으며, 역방향(배추 뿌리가 위를 향하게) 적입, 예건, 예냉 및 포장을 달리하여 적입하는 방법으로 처리하였다(Table 1). 배추의 초기 품온은 18.7°C였으며 차압식 예냉 장치의 냉기온도 2°C로 24시간 냉각하였다. 예냉 처리한 배추는 탈습을 억제하여 저장성을 향상시키기 위해 펠릿 단위(110×110 cm) 당 플라스틱 컨테이너를 7단(높이 224 cm)으로 적재 후 HDPE (high density polyethylene) 필름(T=30 μm, hole diameter 10 mm perforation, hole to hole distance : 30 cm, Taebang patec Co., Yangju, Korea)으로 덮어 씌웠다. 저장성을 향상시키기 위해 예비 실험을 통해 냉기온도 10°C에서 24시간 예건 처리 후 펠릿 단위(110×110 cm)로 플라스틱 컨테이너를 7단 적재(높이 224 cm) 후 폭이 50 cm 인 PVC wrap(poly vinyl chloride, T=30 μm(Samyong chemical Co., Seoul, Korea)으로 랩핑하여 덮어씌워 펠릿 단위로 modified MA포장하여 저온저장고(1.5±0.5°C)에 적재하여 12주간 보관하면서 실험을 수행하였다(Fig. 1). 저장고 내 온도 분포를 고르게 하기 위해 펠릿과 벽면, 천장 사이에 공기통로가 확보되도록 적재하였으며, 펠릿 간 10 cm, 중앙 통로 50 cm, 저장고 벽과 펠릿 간격은 30 cm, 펠릿과 천장은 50 cm 이상으로 바람 통로 공간을 확보하였다. 저장고의 상대습도는 온도와 상대습도를 동시에 측정, 기록할 수 있는 Data logger(TR-72, T&D Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

1.1. 중량감모율 및 정선손실률

중량감모율은 초기 중량에 대한 감모량을 백분율로 환산하였으며 아래 식(1)과 같이 나타내었다.

$$\text{중량감모율(\%)} = \frac{\text{저장 전 배추 무게} - \text{일정 기간 저장 후 배추 무게}}{\text{저장 전 배추 무게}} \times 100 \quad (1)$$

Table 1. Pre-treatment of spring kimchi cabbage for storage

Loading	Pretreat 1		Pretreat 2	Abbreviation
Upward stacking	-		-	Control
Downward stacking	Pre-drying	10°C	HDPE	DPDH
Downward stacking			PVC	DPDP
Downward stacking	Pre-cooling	2°C	HDPE	DPCH
Upward stacking			HDPE	UPCH

Control: Upward stacking, DPDH: Downward stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downward stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downward stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

정선손실률은 건조되거나 부패되어 저장 중 상품 가치가 저하된 배추의 가장 바깥쪽 잎을 제거하기 전의 무게에 대하여 제거 후 무게 변화를 백분율로 표시한 것으로 아래 식(2)와 같이 계산하였다.

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{다듬기 전 배추 무게} - \text{다듬은 후 배추 무게}}{\text{다듬기 전 배추 무게}} \times 100 \quad (2)$$

1.2. 추대길이

추대 길이는 배추를 절단하여 추대 길이(mm)를 측정하였다.

1.3. 수분함량

정선된 배추를 절단하여 줄기와 잎을 1:1 비율로 채취한 후 105°C 상압건조법으로 dry oven (HK-DO135F, Hankook machine, Korea)을 이용하여 배추 건조 중량이 항량이 될 때까지 건조하여 측정하였다.

1.4. 가용성 고형분 함량

배추의 가용성 고형분 함량은 배추의 잎 조직을 갈아서 착즙하여 디지털 당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정 후 °Brix로 표시하였다.

1.5. 색도

색도는 정선된 배추의 최외각 중간부위, 절단면 중간부위를 색차계(CM-700d, Minolta Co., Japan)를 이용하여 일정한 측정하였다. 측정 전 표준백판으로 보정 후 사용하였으며 L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), b (yellowness, 황색도) 값으로 나타내었다.

1.6. 경도

경도는 정선한 배추의 최외각 줄기 중간 부분을 골라 동일한 면적(4 × 6 cm)으로 절단한 후 texture analyser (TA-XT Express, Stable Micro System, UK)를 이용하여 측정하였다. 이 때 측정 조건으로 probe의 직경은 1 mm, pre-test speed 5.00 mm/sec, test speed 2.00 mm/sec, post-test



Upward



Downward



HDPE



PVC

Fig. 1. Plastic film packaging treatment of spring kimchi cabbage.

speed 5.00 mm/sec, distance 15.00 mm, trigger force 5.0 g 이었다.

추대 경도의 측정은 배추를 반으로 절단한 후 과실경도 계(FHM-1, Takemura, Japan)를 이용하여 측정하였다.

1.7. 관능검사 및 외관

관능검사는 관능 전문패널 9명을 대상으로 외관(곰팡이 발생여부, 짓무름, 시들음, 병 발생여부), 색, 향(이취), 조직감, 신선도를 종합적으로 평가하여 전반적인 기호도로 구분한 후 이를 9단계 평점법으로 품질차이 특성에 대하여 아주좋음(9점), 좋음(7점), 보통(5점), 나쁨(3점), 아주나쁨(1점)으로 평가하였다(Lee 등, 2016)¹⁰. 또한 정선 전과 후, 절단 후의 배추의 외관을 관찰하여 기간별 상태 변화를 영상 이미지로 비교하였다.

1.8. 통계처리

모든 분석결과는 SPSS 프로그램(SPSS version 26.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA 분산 분석을 실시하였으며 5% 수준에서 Duncan의 다중범위 시험법으로 유의성을 검정하였다.

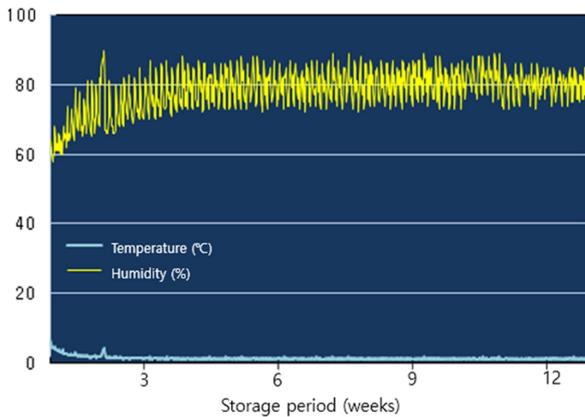
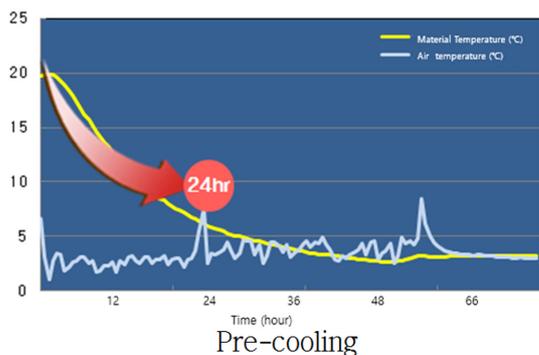


Fig. 2. Changes in temperature and humidity during storage of spring kimchi cabbage.



결과 및 고찰

1. 저장고의 온-습도 변화

Fig. 2은 저온저장고에 배추를 적재 후 온-습도 변화를 나타낸 그래프이다. 저장고 내부의 습도는 78~94% RH를 유지하였으며, 온도는 1.5±0.5°C를 유지하였다.

2. 저장 전처리에 따른 품온 강하 및 외피 수분 제거

저장 전처리에 따른 품온 변화는 Fig. 3와 같다. 예냉 처리와 예건 처리는 각각 처리구별로 수행하였으며 다음과 같은 결과를 보였다. 냉기온도 2°C에서 차압예냉을 실시한 결과 초기 품온이 18.7°C에서 24시간 예냉 후 5.3°C까지 감소함을 알 수 있었으며 예냉 후 중량감소는 0.84%로 나타났다. 냉기 온도 10°C에서 예건을 실시한 결과 초기 품온 25.4°C에서 24시간 예건 후 12°C까지 감소함을 알 수 있었으며 예건 후 중량 감소는 1.31%로 나타났다.

3. 중량감모율 및 정선 손실을

배추 저장 중 중량감모율은 저장 12주 동안 초기보다 증가하여 처리구별로 1.83~10.74%의 감소율을 나타냈다(Fig. 4). 특히 정방향 적입 시 역방향 적입보다 중량감모율이 낮은 경향을 보였고 대조구에 비해 HDPE 또는 PVC 처리구

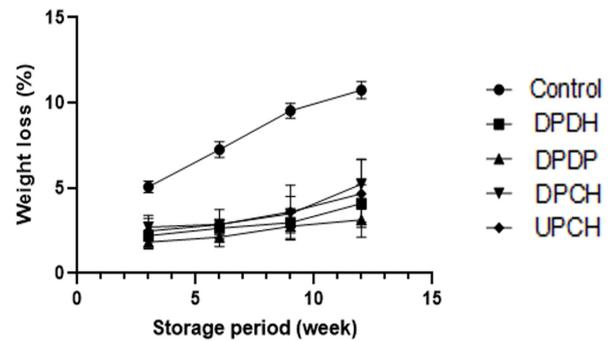


Fig. 4. Changes in weight loss of spring kimchi cabbage during storage.

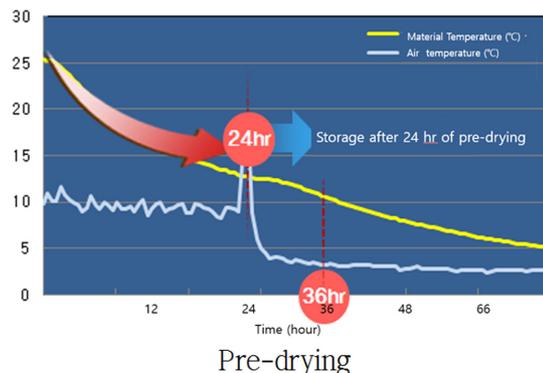


Fig. 3. Changes in product temperatures during pre-treatment of spring kimchi cabbage.

Table 2. Changes in trimming loss of spring kimchi cabbage during storage

(unit: %)

Sample	Storage period(week)				
	0	3	6	9	12
Control	5.90±2.35 ^{b1)}	7.58±5.60 ^b	9.64±3.00 ^b	21.09±11.69 ^a	23.36±9.78 ^a
DPDH	5.90±2.35 ^c	8.50±3.42 ^c	8.45±4.03 ^c	14.47±7.65 ^b	22.70±8.23 ^a
DPDP	5.90±2.35 ^b	6.37±6.93 ^b	8.19±2.37 ^b	7.99±3.45 ^b	22.29±7.48 ^a
DPCH	5.90±2.35 ^c	7.18±4.49 ^c	11.00±9.22 ^{bc}	14.07±4.35 ^b	27.46±5.32 ^a
UPCH	5.90±2.35 ^b	10.24±2.87 ^b	12.48±3.37 ^b	12.31±4.98 ^b	26.74±13.5 ^a

1) Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$). n:number of trials=10
Control: Upward stacking, DPDH: Downard stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downard stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downard stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

에서 낮은 경향을 나타내었다. 대조구의 경우 10.74%로 나타났고 역방향 적입 후 예건 처리구에서 3.13~4.10%로 낮게 나타났다. 정방향+예냉+HDPE 처리에서 포장하지 않은 처리구에 비해 낮게 나타나 포장 처리가 배추의 수분손실을 억제시킨 것으로 나타났다. 포장재를 사용하여 저장 시 중량 손실이 효과적으로 억제된 본 연구 결과는 LDPE 필름을 이용하여 포장한 봄배추의 저장 9주 후 중량감모율이 3.07%로 중량손실이 효과적으로 억제되었다는 Lee 등(2016)¹⁰⁾의 보고와 유사하였다. 한편, Jang 등(2017)¹¹⁾과 Choi 등(2022)¹²⁾의 연구에서도 파프리카와 부추 저장 중 플라스틱 필름 포장 처리에 따른 저장기간 중 중량감모율 억제 효과에 대한 유사한 결과를 확인할 수 있었다. Kim 등(2018)¹³⁾에 의하면 배추의 저장 중 중량감소율의 변화를 증산작용 측면으로 보면 배추 내부의 수분이 표면으로 이동하면서 상대적으로 습도가 낮은 저장고 내부로 표면에 있던 수분이 증발하기 때문이라고 하였는데 포장지를 처리하였을 시 증산작용을 억제하여 수분 손실이 억제되어 중량감모율을 억제한 것으로 생각된다.

초기 정선손실율은 5.90 ± 2.35%로 나타났으며 저장 9주 후 초기보다 증가하여 처리구별로 5~27%의 손실율을 나타내었다(Table 2). 저장기간이 지날수록 증가하는 경향을 보였으며 처리방법에 따른 정선손실율에 차이를 보였다. 배추의 초기 정선손실율은 5.90 ± 2.35%였으나 저장 3주 후 모든 처리구에서 10%이하로 나타났다. 저장 9주 후 대조구

는 21.09±11.69%로 나타나 저장 3주 후 손실량 대비 약 2배 이상 증가하여 급격하게 증가율을 나타냈다. 반면에 역방향 적입 후 예건 및 PVC 처리구는 7.99±3.45%로 정선 손실량의 변화는 미미하였다. 정방향 적입 후 예냉 및 HDPE 처리구는 12.31±4.98%로 비교적 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 배추를 저장 방법을 달리하여 저장 시 플라스틱 필름 포장이 다른 처리보다 손실량이 적었다는 Lee 등(2007)¹⁴⁾의 결과는 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. 저장 9주 후 정선손실율은 대조구와 비교 시 상당히 적은 변화를 보이거나 12주 후 비슷하거나 손실량이 증가한 것을 알 수 있는데 Lee 등(2018)¹⁵⁾에 의하면 포장으로 인한 과습 상태로 짓무름이 발생한 것으로 판단된다.

4. 주대길이

봄배추의 주대길이 변화는 Table 3과 같다. 저장 초기에는 67.24 ± 12.80 mm로 나타났으며 여러 가지 처리구에서 저장 3주에는 41.79 ± 10.64 ~ 69.23 ± 6.85 mm, 저장 6주에는 56.90 ± 13.88 ~ 72.72 ± 9.75 mm, 저장 9주에는 56.42 ± 6.73 ~ 75.57 ± 7.63 mm 및 저장 12주에는 57.83 ± 7.26 ~ 87.57 ± 13.53 mm로 나타나 저장기간의 경과와 처리구별에 따라 일정한 경향을 보이지 않았다. 주대는 적절한 출하 시기를 넘겨거나, 이상기온현상으로 꽃대가 올라오는 현상을 말하며 내부의 심이 과하게 신장된 것은 상품성이 떨어진 다. 저장기간에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되어 실

Table 3. Changes in dwarf stem length of spring kimchi cabbage during storage

(unit: mm)

Sample	Storage period (week)				
	0	3	6	9	12
Control	67.24 ± 12.80 ^a	61.83 ± 9.40 ^a	67.80 ± 15.56 ^a	66.08 ± 6.65 ^a	62.17 ± 8.57 ^a
DPDH	67.24 ± 12.80 ^a	47.06 ± 9.08 ^b	67.53 ± 12.97 ^a	66.93 ± 11.65 ^a	61.92 ± 9.67 ^a
DPDP	67.24 ± 12.80 ^a	50.51 ± 14.04 ^b	62.61 ± 10.84 ^a	58.96 ± 8.72 ^{ab}	69.67 ± 10.47 ^a
DPCH	67.24 ± 12.80 ^a	56.29 ± 12.24 ^a	61.96 ± 12.70 ^a	56.42 ± 6.73 ^a	62.07 ± 10.71 ^a
UPCH	67.24 ± 12.80 ^b	58.84 ± 8.10 ^b	68.45 ± 15.30 ^b	70.98 ± 8.25 ^b	87.57 ± 13.53 ^a

1) Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$). n:number of trials = 10
Control: Upward stacking, DPDH: Downard stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downard stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downard stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

험을 진행해 본 결과 저장기간에 따른 추대의 길이에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

5. 수분함량

처리방법에 따른 수분함량 변화는 Fig. 5와 같다. 저장 초기에는 $92.80 \pm 1.70\%$ 로 나타났으며 여러 가지 처리구에서 저장 3주에는 $92.12 \pm 0.77 \sim 94.86 \pm 0.69\%$, 저장 6주에는 $93.37 \pm 0.40 \sim 94.86 \pm 0.69\%$, 저장 9주에는 $92.50 \pm 0.33 \sim 94.61 \pm 0.38\%$ 및 저장 12주에는 $92.74 \pm 0.04 \sim 94.61 \pm 0.38\%$ 로 나타났다. 저장기간의 경과와 처리구별에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았지만, 저장기간 동안 모든 처리구가 수분이 어느 정도 잘 유지되고 있음을 알 수 있었다. 이는 Lee (2019)¹⁶⁾의 연구와 같았으며 이를 통해 전처리 조건에 따른 배추의 수분 함량 변화는 유의적 차이가 없는 것을 알 수 있다.

6. 가용성고형물

처리방법에 따른 가용성고형물함량 변화는 Table 4와 같다. 저장 초기에는 $5.27 \pm 0.06^\circ\text{Brix}$ 로 나타났으며 여러 가지 처리구에서 저장 3주에는 $4.77 \pm 0.21 \sim 6.03 \pm 0.46^\circ\text{Brix}$, 저장 6주에는 $4.53 \pm 0.31 \sim 5.87 \pm 0.31^\circ\text{Brix}$, 저장 9주에는 $4.80 \pm 0.40 \sim 6.30 \pm 0.17^\circ\text{Brix}$ 및 저장 12주에는 $5.37 \pm 0.06 \sim 6.43 \pm 0.38^\circ\text{Brix}$ 로 나타나 저장기간의 경과와 처리구별에

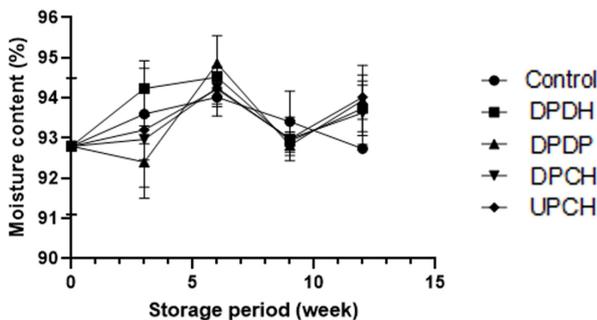


Fig. 5. Changes in moisture content of spring kimchi cabbage during storage. For treatments, refer to Table 1.

Table 4. Changes in soluble solids content of spring kimchi cabbage during storage (unit: °brix)

Sample	Storage period (week)				
	0	3	6	9	12
Control	5.27 ± 0.06^c	4.77 ± 0.21^d	5.87 ± 0.31^b	6.03 ± 0.06^{ab}	6.40 ± 0.46^a
DPDH	5.27 ± 0.06^{ab}	5.07 ± 0.35^{ab}	4.67 ± 0.55^b	5.33 ± 0.51^{ab}	5.73 ± 0.21^a
DPDP	5.27 ± 0.06^a	5.53 ± 0.35^a	4.90 ± 0.44^a	5.10 ± 0.36^a	5.43 ± 0.59^a
DPCH	5.27 ± 0.06^b	5.33 ± 0.42^b	5.07 ± 0.42^b	5.20 ± 0.44^b	5.97 ± 0.25^a
UPCH	5.27 ± 0.06^{ab}	5.87 ± 0.15^{ab}	5.50 ± 0.17^{ab}	5.17 ± 0.55^b	6.00 ± 0.66^a

1) Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$). n: number of trials = 10
 Control: Upward stacking, DPDH: Downward stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downward stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downward stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

따라 일정한 경향을 보이지 않았다. Lee (2019)¹⁴⁾에 의하면 배추의 당도는 저장 중에 감소하다가 증가하거나 완만하게 유지되었으며 처리 간에 일정한 경향을 보이지 않았고 이는 배추 개체간의 차이가 더욱 컸던 것으로 여겨진다 고 보고하여 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. Lee 등 (2013)¹⁷⁾의 봄배추 품종별 품질 특성 비교 연구에서 가용성 고형분 함량이 $2.73 \sim 3.37^\circ\text{Brix}$ 로 보고하였는데 본 연구에 사용된 봄배추 '대통'은 상대적으로 높은 함량을 나타내었다. 이는 품종에 따른 차이일 수 있으며, 재배 환경에 따른 차이로 생각된다.

7. 색도

봄배추의 색도 변화는 Fig. 6와 같다. 절단면의 표면 색택 중 밝기를 나타내는 L 값은 저장 초기에 비하여 저장기간과 처리구별에 따라 큰 변화가 없는 것으로 나타나 비교적 어느 정도 L 값이 유지가 잘 되고 있는 것으로 생각된다. 적색과 녹색을 나타내는 a 값과 노란색 및 청색을 나타내는 b 값은 저장 중에 감소하다가 증가하는 반복적인 결과를 나타내어 전반적으로 저장기간과 처리구별에 의한 일정한 경향이 나타나지 않는 것으로 보였다.

7. 경도

배추의 저장 중 경도 변화는 Fig. 7과 같다. 초기 $0.65 \pm 0.07 \text{ kg/force}$ 로 나타났고 저장기간 동안 경도 변화를 살펴 보면 저장 3주 후 경도가 약간 증가했다가 6주 이후 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 배추의 수분이 증발하며 조직의 변화가 일어나는 것으로 생각된다. 9주 경과 후 각 처리구 중 대조구에서 경도가 초기 경도에 비해 감소하는 경향을 나타내는데 이는 예건 및 예냉 처리가 초기 배추의 품온 강하에 의해 호흡 및 증산 등의 대사 작용을 억제하여 조직의 탄력을 유지한 것으로 생각된다.

8. 추대경도

Table 5는 봄배추의 추대경도 변화를 나타낸 표이다. 배추의 증산작용에 조직 내 수분이 유출될 가능성이 가장 높

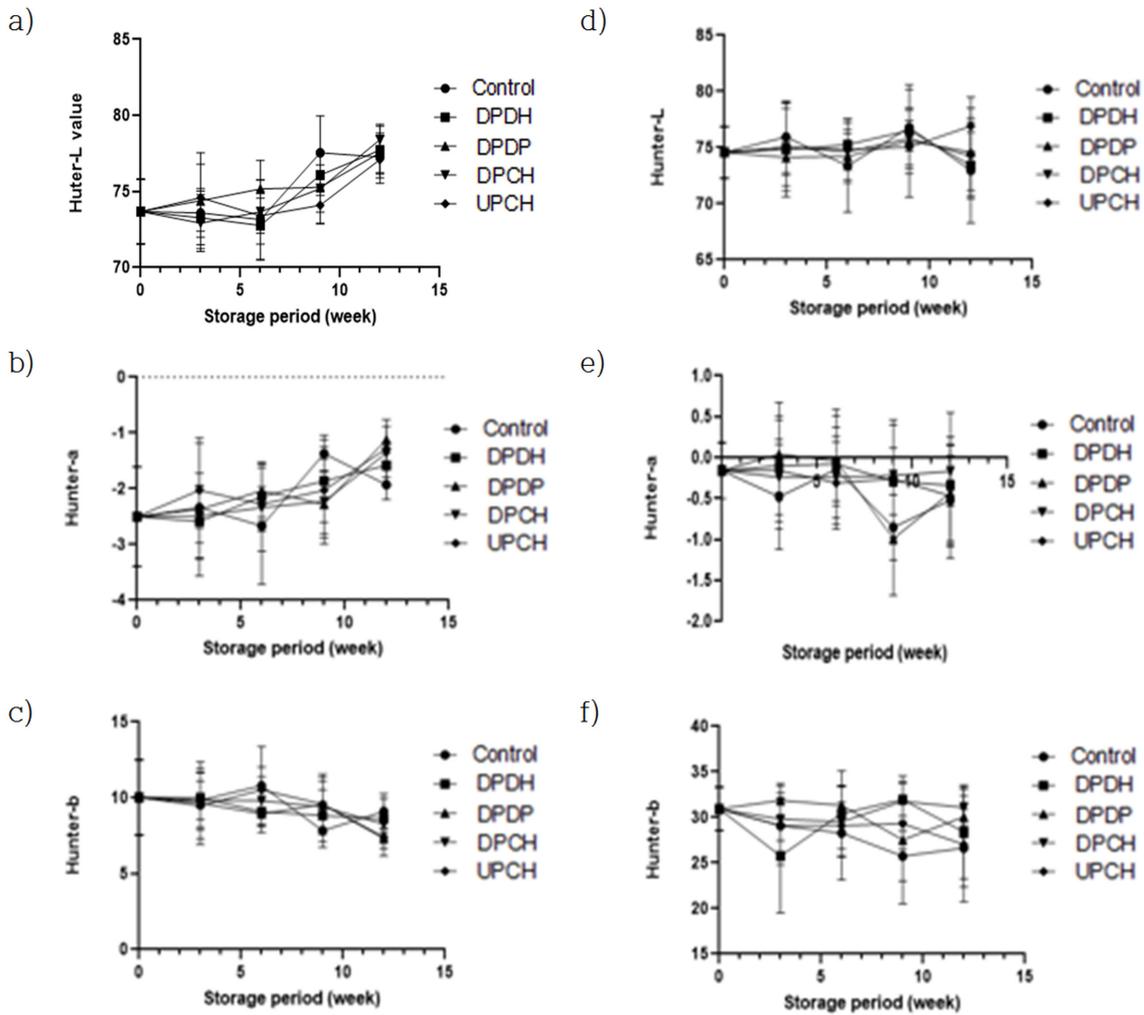


Fig. 6. Changes in color value of spring kimchi cabbage during storage. a~c: outer midrib, d~f: middle part of cutting plane (n ; number of trials = 10) For treatments, refer to Table 1.

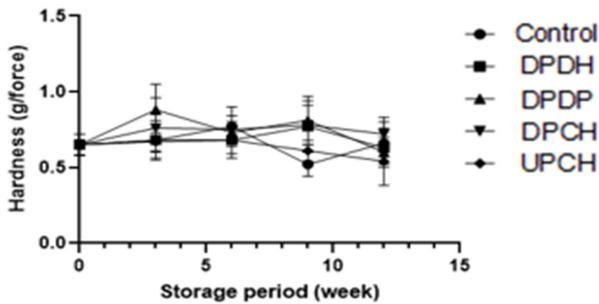


Fig. 7. Changes in hardness of spring kimchi cabbage during storage. n; number of trials = 10 For treatments, refer to Table 1.

은 부위인 뿌리 절단부로 저장 중 추대경도의 변화를 측정 한 결과 초기 추대 경도는 2.56 ± 0.33 kg/force로 나타났으며 저장기간 동안 처리 방법별로 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 저장기간 동안 단축경 부분의 깃무름이 거의 나타나지 않아 이에 따라 추대경도의 값이 비교적 잘 유지

되고 있는 것으로 생각된다. 저장 12주 후 모든 처리구에서 2.19~2.40 kg/force로 나타나 저장기간 동안 초기 추대 경도와 비슷한 수준으로 유지되는 것을 알 수 있었다.

9. 관능검사 및 외관

봄배추 저장 중 관능검사를 한 결과 저장 중 품질 저하의 원인 중 하나인 깨씨무늬병은 모든 처리구에서 저장 12주 동안 marketable의 한계점인 5점 이상으로 평가되었다 (Table 6). 조직감은 역방향 적입한 처리구에서 정방향 적입한 처리구보다 조직감이 좋게 유지되는 것으로 평가되었다. 외관(곰팡이, 깃무름, 시들음, 깨씨무늬병), 색(갈변, 황화), 이취, 조직감, 신선도 등의 전반적인 품질 요소들을 종합하여 전반적인 기호도를 조사한 결과 저장 12주 후 역방향+예냉+포장 처리구에서 6.33~6.56이며, 역방향+예냉+HDPE에서 6.11로 좋게 유지되는 것으로 평가되었다. 따라서 예냉/예냉 처리하여 HDPE 또는 PVC 처리한 경우 무처리에

Table 5. Changes in dwarf stem hardness of spring kimchi cabbage during storage (unit: kg)

Sample	Storage period (week)				
	0	3	6	9	12
Control	2.56 ± 0.33 ^{ab}	2.46 ± 0.44 ^{ab}	2.76 ± 0.47 ^a	2.30 ± 0.41 ^b	2.40 ± 0.36 ^{ab}
DPDH	2.56 ± 0.33 ^a	2.30 ± 0.33 ^{ab}	2.29 ± 0.22 ^{ab}	2.35 ± 0.23 ^{ab}	2.25 ± 0.38 ^b
DPDP	2.56 ± 0.33 ^a	2.51 ± 0.22 ^{ab}	2.53 ± 0.27 ^a	2.25 ± 0.29 ^{bc}	2.19 ± 0.28 ^c
DPCH	2.56 ± 0.33 ^a	2.39 ± 0.36 ^{ab}	2.20 ± 0.27 ^b	2.39 ± 0.33 ^{ab}	2.19 ± 0.25 ^b
UPCH	2.56 ± 0.33 ^a	2.56 ± 0.3 ^a	2.55 ± 0.42 ^a	2.41 ± 0.33 ^a	2.37 ± 0.28 ^a

1) Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$). n: number of trials = 10
 Control: Upward stacking, DPDH: Downward stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downward stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downward stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

Table 6. Changes in sensory evaluation of spring kimchi cabbage during storage

Sample	Storage period (week)				
	0	3	6	9	12
Control	9.00 ± 0.00 ^a	7.00 ± 0.87 ^b	6.67 ± 1.12 ^b	3.89 ± 1.76 ^c	2.67 ± 0.50 ^d
DPDH		7.22 ± 1.09 ^{bc}	7.44 ± 0.73 ^b	7.00 ± 0.87 ^{bc}	6.56 ± 0.53 ^c
DPDP		7.11 ± 1.17 ^b	7.67 ± 0.87 ^{bc}	7.00 ± 1.12 ^{bc}	6.33 ± 0.87 ^c
DPCH		6.56 ± 1.24 ^{cd}	7.56 ± 0.88 ^b	7.22 ± 0.97 ^{bc}	6.11 ± 0.60 ^d
UPCH		7.00 ± 1.41 ^b	6.22 ± 1.30 ^{bc}	6.56 ± 1.24 ^b	5.22 ± 1.20 ^c

1) Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$). * Sensory evaluation: 9-point scale (initial: 9 points, productivity cut-off: 7 points, kimchi processing cut-off: 5 points) Control: Upward stacking, DPDH: Downward stacking+ pre-drying + HDPE, DPDP: Downward stacking + pre-drying + PVC, DPCH: Downward stacking + pre-cooling + HDPE, UPCH: Upward stacking + pre-cooling + HDPE

비하여 배추의 선도유지 연장에 도움이 되는 것으로 생각되며 이는 Byambaa 등(2022)¹⁸의 파프리카 저장 연구에서도 유사한 결과를 보였다.

봄배추 저장 시 가장 큰 문제점으로 제기되고 있는 증상은 깨씨무늬증(Pepper spot, Gomsho)으로 처음 배추 외엽의 중륵에서 관찰되다가 점차 중간잎까지 확산되고 검은색

의 작은 점에서 점차 크기가 확대되고 잎의 바깥과 안쪽 모두에서 나타난다(Cho 등, 2017)⁴. 저장기간에 따른 봄배추의 외관 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 포장 여부에 따라 저장 중 상품성 유지에 영향을 미치는 것으로 판단되며 이는 타 작물에서 유사한 결과를 보였다(Lee 등, 2021)¹⁹. 본 연구에서는 대조군인 정방향과 비교하였을 때 역방향+

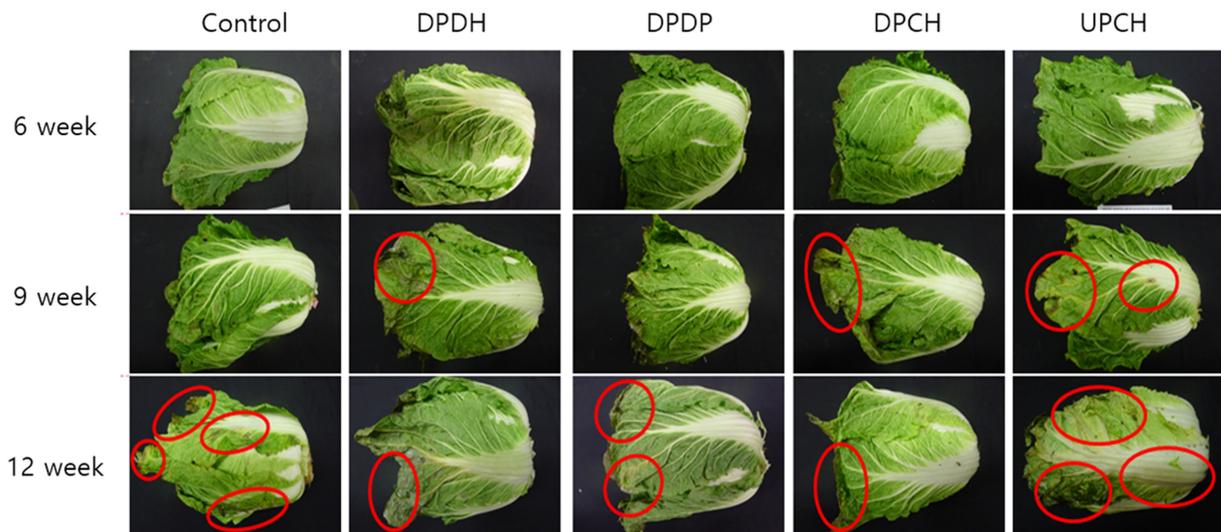


Fig. 8. Changes in appearance of spring kimchi cabbage during storage. For treatments, refer to Table 1.

예건+HDPE, 역방향+예건+PVC, 역방향+예냉+HDPE는 저장 9주까지 상품성을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 배추 저장 시 선도유지 효과와 작업성 및 경제성을 동시에 고려 할 경우 품질에서 미세한 차이가 나타났지만, 적입 방식 측면에서는 정방향으로 적입하는 것이 효율적인 것으로 검토되었다. 특히, 플라스틱필름을 이용한 파렛트 단위의 modified MA 포장은 냉기로부터의 직접 접촉을 줄이고 배추 자체 수분의 탈습을 억제하여 봄배추의 신선도를 유지하는데 기여한 것으로 검토되었다.

요 약

봄배추 저장을 위한 최적의 전처리 및 저장 조건을 확립하고자 봄배추의 적입방향과 예건/예냉 처리 및 HDPE / PVC 필름을 이용한 파렛트 단위의 modified MAP 처리하여 봄배추를 저온저장고에 저장하면서 중량감모율, 정선손실율, 수분함량, 경도, 색도, 가용성고형물함량, 관능검사 등을 비교 분석하였다. 대조구와 비교 시 예건/예냉 및 MA 포장재 처리는 중량감모와 정선손실을 억제시켰는데 이는 전처리 및 포장 처리가 신선도 유지와 탈습 억제에 적절한 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 관능검사 결과 대조구의 경우 6주까지 판매가능한 marketable 상태를 유지하나 처리구의 경우 9주까지 5점 이상으로 장기저장이 가능한 것으로 나타났다. 배추 저장 시 선도유지 효과와 작업성 및 경제성을 동시에 고려할 경우 품질에서 미세한 차이가 나타났지만, 적입 방식 측면에서는 정방향으로 적입하는 것이 효율적인 것으로 검토되었다.

감사의 글

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

참고문헌

- Bang, H.Y., Cho, S.D., Kim, B.S., and Kim, G.H. 2017. Quality change in kimchi made of spring *kimchi* cabbage during fermentation under different storage conditions. *Korean J. Food Nutr.* 30(2): 378-387.
- Bae, S.J., Eum, H.L., Kim, B.S., Yoon, J.R., and Hong, S.J. 2015. Comparison of the quality of highland-grown kimchi cabbage 'Choon Gwang' during cold storage after pretreatments. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(2): 233-241.
- Eum, H.L., Bae, S.J., Kim, B.S., Yoon, J.R., Kim, J.K., and Hong, S.J. 2013. Postharvest quality changes of kimchi cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31(4): 429-436.
- Cho, S.D., Bang, H.Y., Kim, E.H., You, S.H., Kim, B.S., and Kim, G.H. 2017. Quality characteristics of spring kimchi cabbage by storage conditions and period. *J. Korean Soc. Food Cult.* 32(3): 227-234.
- Lee, I.K., Hong, S.J., Yeoung, Y.R., Park, S.W., Ku O.S. 2001. Effects of postharvest predrying on storability of 'Norang' Chinese cabbage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(4): 521-525.
- Park, J.E., Kim, H.M., and Hwang, S.J. 2020. Changes in marketability of strawberry 'Maehyang' for export as affected by harvest time of the day and temperature of precooling and storage. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 29(2): 153-160.
- Kim, Y.W., Jeong, J.K., Lee, S.M., Kang, S.A., Lee, D.S., Kim, S.H., and Park, K.Y. 2009. Effect of permeability-controlled polyethylene film on extension of shelf-life of brined baechu cabbage. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 38(12): 1767-1772.
- Son, E.J., Hwang, I.W., and Chung, S.K. 2015. Quality characteristics of cut kimchi cabbage during short-term storage depending on the packaging materials. *Korean J. Food Preserv.* 22(5): 623-628.
- Park, S.E., Bong, Y.J., Kim, H.Y., and Park, K.Y. 2013. Quality characteristics and functionalities of Korean and Japanese spring *Baechu* cabbages and the kimchi prepared with such cabbages. *Korean J. Food Preserv.* 20(6): 854-862.
- Lee, Y.J., Lee, H.O., Kim, J.Y., and Kim, B.S. 2016. Effect of pallet-unit MAP treatment on freshness extension of spring Chinese cabbage. *J. Korean Soc. Food Cult.* 31: 634-642.
- Jang, M.S., Lee, J.S., Chandra, D., Choi, J.W., Lee, J.S., Park, M.H., Choi, H.J., Hong, Y.P., and Kim, J.G. 2017. Quality characteristics of Korean chive (*Allium tuberosum* Rotter) as affected by inner film packaging methods in paper box. *Korean J. Packag. Sci. Tech.* 23(3): 143-150.
- Choi, I.L., Lee, J.H., Kwon, Y.B., Roh, Y.H., and Kang, H.M., 2022. Effect of chlorine dioxide, cold plasma gas sterilization and MAP treatment on the quality and microbiological changes of paprika during storage. *Korean J. Packag. Sci. Tech.* 28(3): 223-229.
- Kim, M.N., Park, S.H., Park, C.W., Choi, S.Y., Choi, D.S., Kim, J.S., Kim, Y.H., and Lee, S.J. 2018. Quality estimation of winter Chinese cabbage stored in purge type of controlled atmosphere storage. *Food Eng. Prog.* 22(1): 59-66.
- Lee, J.S., Park, S.H., Lee, Y.S., Lim, B.S., Yim, 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(1): 24-29.
- Lee, H.O., Lee, Y.J., Kim, J.Y., and Kim, B.S. 2018. Effect of combined pallet unit MAP and plasma treatment for extending the freshness of spring kimchi cabbage. *Horti. Sci. Technol.* 36(2): 224-236.
- 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(3): 101-109.
- 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., Kim, G.H., and Oh, J.Y. 2013. Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). Korean J. Food Preserv. 20(2): 182-190.
18. Byambaa, B.E., Lee, J.S., Park, M.H., Choi, J.W., Eum, H.L., Siva, K.M., Yun, Y.E., Kim, C.H., Kim, H.C., Lee, J.W., Park, K.Y., Bae, J.H., Lee, Y.S., Jeon, C.S., and Park, J.S. 2022. Quality changes as affected by storage temperature and polyamide film packaging in paprika (*Capsicum annum* L.). Korean J. Packag. Sci. Tech. 28(2):115-125.
19. Lee, J.S., Kim, G.B., Kim, H.Y., Jung, D.H., Chei, D.K., Chae, Y.R., Park, M.H., Jang, M.S., Hong, Y.P. 2021. The effect of packaging and storage temperature on quality changes of 'White Dadagi' cucumber. Korean J. Packag. Sci. Tech. 27(2): 15-121.

투고: 2023.07.06 / 심사완료: 2023.08.12 / 게재확정: 2023.08.14