KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 30, No. 2 161~167 (2024)
https://doi.org/10.20909/kopast.2024.30.2.161

순간 건식 열처리가 배추의 저장성 및 선도에 미치는 영향

김효진 · 정문철 · 조영진*

한국식품연구원 안전유통연구단

Effect of Hot-air Surface Drying on Storage and Freshness of Kimchi Cabbage

Hyo-Jin Kim, Moon-Cheol Jeong, and Youngjin Cho*

Food Safety and Distribution Research Group, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Jeonbuk-do, Republic of Korea

Abstract To evaluate the quality changes of Kimchi cabbage, it was packaged in the modified atmosphere (MA) after hot-air surface drying (HASD) or differential pressure precooling (PC) and stored at 0°C for 45 days. The respiration rate after PC was lower than that after HASD, but they were not significantly different. In both HASD and PC, the ethylene production rate was lower than that of the control group. The oxygen concentration decreased and the carbon dioxide concentration increased according to the storage period, but they did not show significant differences. The change of trimming loss and weight loss tended to increase as the storage period. No significant difference was shown between HASD and PC, but the corresponding result values of the treatment groups were significantly lower than those of the control group. There was no significant difference in electrolyte conductivity and texture between treatment groups, but HASD and PC were superior to the control group. These results suggest that HASD will be available on preprocessing method for long-term storage and freshness of Kimchi cabbage together with PC.

Keywords Hot-air surface drying, Differential pressure precooling, Kimchi cabbage, Storage, Freshness

서 론

배추(Korean or Kimchi cabbage, *Brassica campestris L. spp. pekinensis*)는 양귀비목(*Papaverales*) 십자화과(*Brassica*)에 속하는 식물로써, 국내 채소류 생산의 25%를 차지하며, 매년 30,000 ha의 지역에서 230 만톤 이상 생산되는 중요한 채소이다[1,2]. 최근에는 육종 기술의 개발로 인하여 봄, 여름, 가을, 월동 배추들이 출하되어 배추가 연중 생산 및 공급되고 있지만, 기후 변화에 따른 생산량 및 출하 시기 등에 따른 가격변동과 수급의 안정화를 위하여 배추의 장기적인 저장에 대한 필요성이 대두되고 있다.

호냉성 채소인 배추는 수확 후에 품온을 낮춰 호흡을 제한시키면, 생리작용이 저하되어 저장수명이 증가하게 된다[3]. 이러한 배추의 특성에 따라 수확 직후의 전처리는 배추의 초기 대사작용과 부패성 미생물의 증식을 억제하여 배추의 신선도를 유지하고 장기적인 저장을 가능하게 한다. 예냉처리는 배추의 대표적인 전처리 방법이고, 예냉처리가 배추의 품질변화에 끼치는 영향, 예냉·저온유통에 적합한 배추포장 상자 개발, 예냉처리 중 온도변화 특성 및 차압 예냉처리가 배추에 끼치는 영향 등이 연구되고 있다[4-8].

배추의 저장수명을 연장하는 다른 전처리 방법인 열처리의 경우, 가열공기를 이용하거나, 뜨거운 물에 직접적으로 침지 또는 분무하는 방법 등이 있다[9-11]. 특히, 가열공기를 이용하는 예건처리는 대표적인 열처리 방법으로써, 저장 전 작물을 일정 수준 건조시키는 것으로 건조된 외엽이 증산을 방해하는 역할을 하여 수분의 손실을 억제하는 전처리 방법이다[12]. 전처리 후에는 다양한 포장기법을 통하여 저장수명을 연장할 수 있으며, 배추와 같은 신선 농산물의 수확 후 포장, 저장 기술과 관련된 연구들이 다양하게 수행되고 있다[13]. 대표적인 방법으로 포장재 내부의 가스 조성의 변화를 이용하는 것으로 Modified atmosphere(MA) 포장, Controlled atmosphere (CA) 포장 등이 있다. 특히, MA 포장은 엽채류의 저장 연장에 효과적임이 알려져 있다[14].

배추를 포함한 채소류의 장기적인 저장 및 선도유지를 위한 전처리 방법 중 예건처리에 대한 국내 연구는 다소 미

*Corresponding Author: Youngjin Cho
Food Safety and Distribution Research Group, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Jeonbuk-do, Republic of Korea
Tel: +82-63-219-9428
E-mail: yjcho74@kfri.re.kr

흡한 실정이며, 대부분이 차압 예냉, 통풍 예냉 등에 한정되어 있다. 특히, 배추는 다른 채소류에 비해 큰 부피를 가지고 있어 다량의 배추를 예냉처리 할 경우, 시간과 경제적 손실이 야기될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 MA 포장을 한 배추의 장기저장 및 선도 유지를 위하여 전처리를 단시간에 진행할 수 있는 순간 건식 열처리의 활용 가능성을 확인 및 제안하기 위해 차압 예냉처리와 비교분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

강원도 평창 소재 농가에서 5 월에 수확한 봄배추를 대상으로 외관 상태가 양호한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

2. 전처리 방법 및 저장 방법

봄배추를 선별하여 3 종류의 처리구로 나누어 실험을 진행하였다. 첫 번째 처리구는 무처리구, 두 번째 처리구는 자체 제작한 45°C 열풍건조기에서 2 분간 건조시킨 순간 건식 열처리구이다. 세 번째 처리구는 차압 예냉처리구로 상자 적재에 의한 압상을 방지하지 위하여 p-box (plastic box) 높이의 80% 수준까지 함입 후, 1 ± 1°C의 차압예냉실에서 약 8 시간 동안 예냉처리를 실시하였다. 본 실험에 이용된 차압예냉기의 예냉 특성은 냉각 능력 25.98 kW, 차압 휀용량 2.5 m^3/s (4.4 kW)를 이용하였고, 1회 예냉 처리 용량은 3,000 kg/batch이었다. 각각의 처리 후, 배추는 3 포기씩 MA 포장(LDPE film, 0.04 mm) 후, p-box에 함입하여 0°C 저장고에서 45일 동안 저장하면서 분석하였다.

3. 호흡률 및 기체 조성 분석

배추의 호흡률 측정은 일정 온도에서 시료의 일정량을 gas 차단성 밀폐 용기(70 × 35 × 55 cm)에 넣고, 시간의 경과에 따라 용기 내의 기체를 200 μl 취하여 Gas chromatography (GC-14A, Shinadzu, Japan)에 주입하여 측정하였다. 배추의 기체 조성 측정은 MA film 포장된 용기 내의 기체를 200 μl 취하여 Gas chromatography (GC-14A, Shinadzu, Japan)로 분석하였다. 분석에 이용한 column은 Alltech CTR I, detector는 TCD를 이용하였으며, column 온도는 35°C, injector 온도는 60°C, detector 온도는 60°C, carrier gas는 He (50 ml/min)이었다.

4. 에틸렌 발생률

배추의 에틸렌 발생량 측정은 일정 온도에서 시료의 일정량을 gas 차단성 밀폐 용기에 넣고, 시간의 경과에 따라 용기 내의 기체를 200 μl 취하여 Gas chromatography (450-GC, Varian, USA)로 측정하였다. 분석에 이용한 column은 Alltech fused silica, detector는 FID를 이용하였으며, column 온도는 100°C, injector 온도는 150°C, detector 온도는 250°C, carrier gas는 He (50 ml/min)이었다.

5. 정선 손실률

저장기간이 경과한 후, 배추의 무게와 김치 제조에 이용이 불가능한 외엽을 제거한 배추의 무게를 측정하여 손실률(%)을 나타내었다.

6. 중량감소율

초기 중량과 일정기간 경과 후에 측정된 중량의 차이를 초기 중량에 대한 백분율 (%)로 나타내었다.

7. 전기전도도

배추의 줄기부분을 절단하여 약 2 g 채취 후, 0.4 M mannitol (sigma-aldrich, USA) 용액을 이용하여 Electrical conductivity (EC) meter (Cybersan.con11, Eutech instruments, Singapore)로 측정하였다.

8. 경도

정선한 배추의 최외각 부분과 배추 속을 제외한 줄기 중간 부위를 골라 두께가 약 0.9 ~ 1 cm인 것을 선별하여 동일한 면적 (4 × 6 cm)으로 절단한 후, texture analyser (TA-XT Express, Stable Micro System, UK)를 이용하여 경도를 측정하였다. 이 때 측정조건으로 probe의 직경은 1 mm, pre-test speed 5 mm/sec, test speed 2 mm/sec, post-test speed 5 mm/sec, distance 15 mm, trigger force 5.0 g을 각각 사용하였다. 추대 경도 측정은 배추를 반으로 절단한 후, 과실경도계 (FHM-1, Takemura, Japan)를 이용하여 측정하였다.

9. 통계 처리

모든 실험은 3 반복 실험으로 진행하였고, 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 평균값 간의 유의성을 검정하였다($p<0.05$).

결과 및 고찰

1. 전처리별 호흡률의 변화

Fig. 1은 순간 건식 열처리와 차압 예냉처리 후, 0°C에서 배추의 호흡률 변화를 보여준다. 대조구의 호흡 속도는 1.37 ± 0.16 ml CO_2/kg로 높게 측정되었으며, 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구는 각각 1.29 ± 0.20 ml CO_2/kg, 1.07 ± 0.09 ml CO_2/kg로 대조구에 비해 낮게 측정되었다. 이러한 결과는 전처리에 의해 배추의 호흡작용이 지연되면서 호흡률이 낮게 나타난 것이며, 호흡률에서는 유의적인 차이가 없었지만, 에틸렌 발생률에는 영향을 미친 것으로 보여진다.

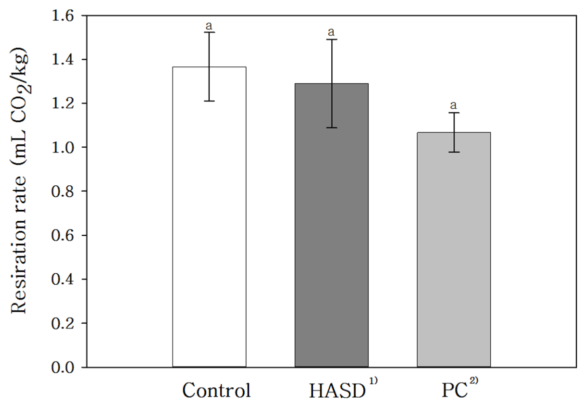

Fig. 1. Respiration rate of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.
Means with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

이를 통해 전처리 조건 및 방법에 의한 배추의 저장성 및 선도 연장 효과를 기대할 수 있다[15].

2. 전처리별 에틸렌 발생률의 변화

순간 건식 열처리와 차압 예냉처리 후, 0°C에서 측정한 에틸렌의 발생률은 Fig. 2에 나타내었다. 에틸렌 발생률은 대조구의 경우에는 0.046 ± 0.007 μl C_2H_4/kg이었으며, 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구는 각각 0.023 ± 0.010 μl C_2H_4/kg, 0.019 ± 0.004 μl C_2H_4/kg로 나타났다. 에틸렌 발생률의 증가는 수확 후에 식물의 성숙을 유도하는데[16], 처리구가 대조구에 비해 낮은 에틸렌 발생률을 보임으로써, 순간 건식 열처리와 차압 예냉처리가 에틸렌의 발생을 제어하여 배추의 과숙을 억제하는 효과를 보여주었다.

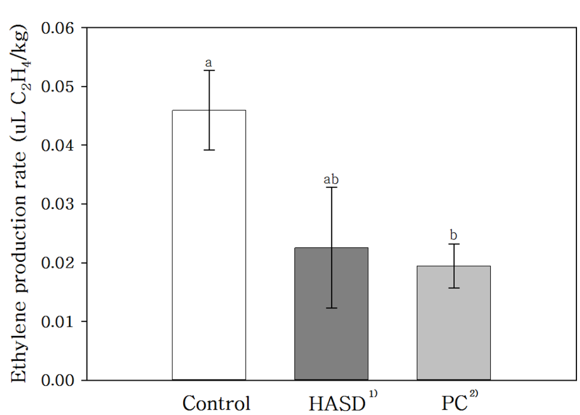

Fig. 2. Ethylene production rate of Kimchi cabbage in pouch by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.
Means with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

3. 배추의 저장 중 기체 조성 변화

배추를 0°C에서 45일간 저장 중 기체의 조성 변화는 O_2와 CO_2 측정을 통하여 확인하였다(Fig. 3 및 Fig. 4). 배추 포장 내부의 O_2 농도는 배추의 호흡 작용에 의해 저장 13일까지 급격히 감소하다가, 그 이후에는 완만하게 감소하였다. 반면에 배추 포장 내부의 CO_2 농도는 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 배추의 호흡 작용이 MA 포장 내부에서 진행되었기 때문이며, Kang[17]과 In[18]의 연구에서도 같은 결과를 보여 주었다. 저장 초기 배추의 호흡 속도를 나타내는 호흡률에서도 차압 예냉처리구는 낮은 수치를

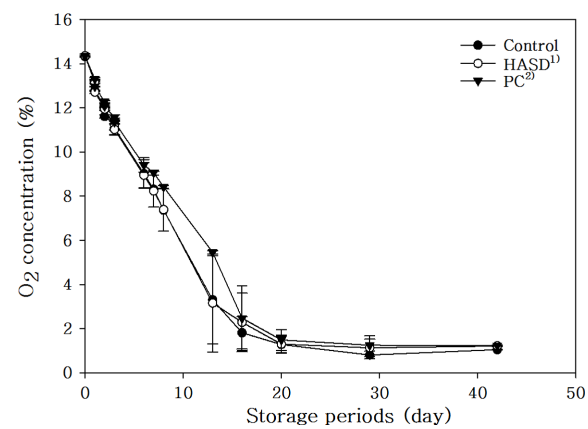

Fig. 3. O_2 concentration of Kimchi cabbage in pouch by hot-air surface-drying and differential pressure cooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure cooling.

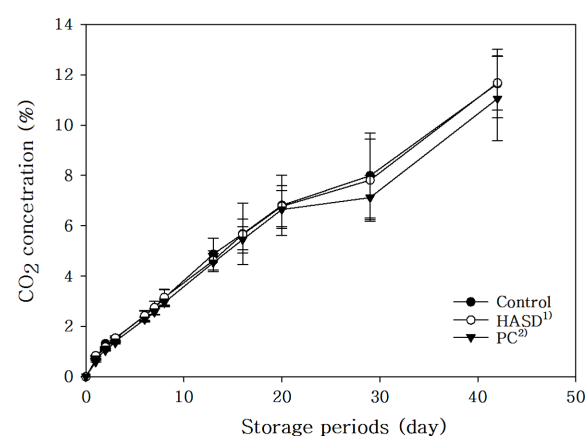

Fig. 4. CO_2 concentration of Kimchi cabbage in pouch by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.

보였으나, 처리구별 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 저장 기간 동안에도 처리구별 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 처리구별 O_2의 농도는 차압 예냉 처리구가 다소 늦게 감소하였고, 순간 건식 열처리와 대조구는 유사하였다. CO_2의 경우에도 차압 예냉처리가 순간 건식 열처리와 대조구보다는 낮은 수치를 보여주었으나, 유의차는 나타나지는 않았다. 저장 기간 중의 호흡 속도를 의미하는 O_2, CO_2 농도의 변화는 호흡률과 유사한 결과를 보여줌으로써, 전처리에 따른 조직 손상 보다는 전처리의 효과로 배추의 저장 및 선도 연장 효과를 기대할 수 있다.

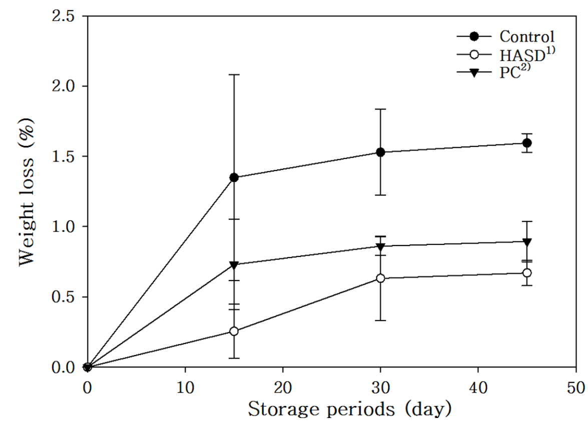

Fig. 6. Weight loss change of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.

4. 저장 중 정선 손실률 및 중량 감소율의 변화

일반적으로 정선 손실률은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이는데[19-21], 본 연구에서도 이와 같이 증가하는 경향을 보였으며, 그 결과는 Fig. 5에서 보여준다. 초기 정선 손실률은 9.81 ± 1.10%였고, 저장 15일 이후부터 유의적인 차이가 나타나기 시작하였다. 대조구의 경우에는 저장기간 동안 지속적으로 증가하여 저장 45일째에는 저장 15일 대비 약 2.5배 증가하였고, 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구는 저장 15일 대비 약 2배 정도 증가하였다. Eum 등의 연구에서도 저장 8주차의 정선 손실률은 저장 초기에 비해 차압 예냉처리구는 1.5배, 예건처리구는 약 2배 정도 증가하였다[4].

중량 감소율은 정선 손실률과 비슷한 양상을 보여주고 있다(Fig. 6). 저장 15일째까지는 유의차가 나타나지 않았으나, 저장 30일 이후부터는 처리구간 유의적인 차이가 나타났다. 저장 45일째 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구의 중량 감소율은 약 0.7%로 유사하였고, 대조구는 처리구보다 약 1% 정도 높은 수치를 보여주고 있다. Lee 등의 연구에서는 처리구가 대조구에 비해 20% 정도 중량 감소 억제 효과를 나타낸다고 보고하였으나[3], 본 연구에서는 저장 공간에서 높은 상대습도를 유지하기 위해 MA 포장을 하여 중량 감소율이 낮게 측정되었다. Porter 등의 연구에서는 배추를 6 주간 저장한 경우, 중량 감소율이 저장 초기에 비해 약 1% 정도 증가한다고 보고하였다[22]. 이 결과는 본 연구 결과와 같은 경향을 보여주고 있다. 중량 감소율의 억제 효과는 신선도와 연관되며, 저장성을 향상시키지만[23], MA 포장 시, 처리 방법별 중량 감소 억제 효과는 미미하다.

5. 배추의 전기전도도의 변화

세포의 조직 손상 시, 세포에서 용출되는 이온에 의해 전기전도도가 증가되는 원리를 이용하여 세포조직의 파괴 정도를 측정할 수 있는데, 일반적으로 저장기간이 증가함에 따라 전기전도도는 증가하는 경향을 보여준다[24]. 본 연구에서

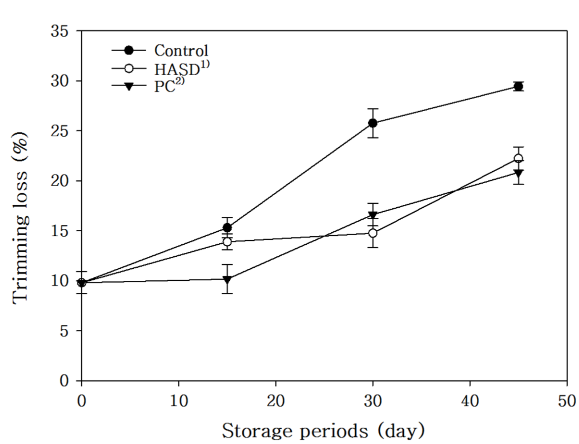

Fig. 5. Trimming loss change of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.

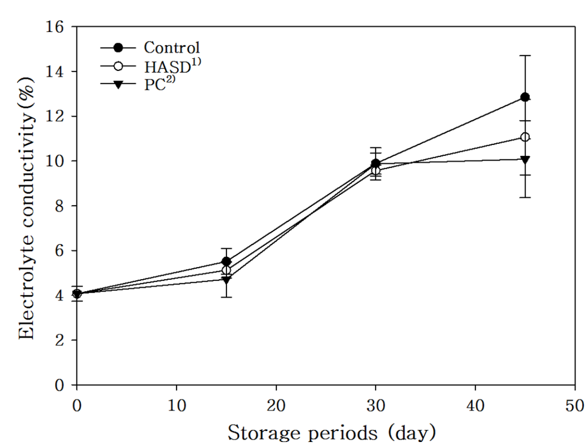

Fig. 7. Electrolyte conductivity of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.

봄배추의 전처리 방법에 따른 전기전도도는 저장기간에 따라 증가하는 경향을 보여주었다(Fig. 7). 저장 0일차의 전기전도도는 4.07±0.33 dS/m이었으며, 저장 30일까지는 처리구별 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저장 45일째에는 차압 예냉처리구는 10.08±1.73 dS/m, 순간 건식 열처리구는 11.07±1.69 dS/m, 대조구는 12.85±1.85 dS/m의 값을 나타냄으로써, 차압 예냉처리구에서 가장 우수한 전기전도도 억제 효과를 보여주고 있으나, 순간 건식 열처리구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장기간 중 전기전도도의 변화는 예냉과 예건 처리로 인한 표면 세포의 조직 손상이 대조구와 비교하여 처리구에서 상대적으로 적게 나타나 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이와 같이 배추의 저장 중 전기전도도는 전처리를 통한 세포의 조직 손상보다는 저장기간에 따른 조직 손상이 더 크게 나타났다.

6. 저장 중 배추의 조직 특성

배추의 저장 중 시간 경과에 따른 변화와 상관성이 있는 조직 특성을 찾기 위하여 최대 경도값, 최대 peak 도달 시간, 기울기, 면적 및 거리 등의 변수를 조사하였다. 최대 경도값, 최대 peak 도달시간과 거리에서는 처리구간 경향이 없었으나(not to shown), 최대 peak 도달시점까지의 면적과 기울기는 일정한 경향이 나타났다(Fig. 8). 최대 peak 도달시점까지의 기울기는 배추 표면의 조직 특성을 나타내는 것으로 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보여주고 있다. 처리구의 경우 차압 예냉과 순간 건식 열처리로 인해 배추 외엽의 수분이 감소하여 조직이 질겨졌기 때문에 상대적으로 낮게 수치를 나타내었지만[3,25] 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 이는 전처리에 따른 외엽의 품질이 유의적인 차이를 나타내지 않음을 의미한다. 최대 peak 도달시점까지의 면적은 배추의 표면의 조직 특성뿐만 아니라 배추의 전체적인 조직 특성을 의미한다. 최대 peak 도달시점까지의 면적의 초기값은 0.17±0.01 kg·sec이고, 저장 45일째의 차압 예냉처리구는 0.17±0.01 kg·sec, 순간 건식 열처리구는 0.15±0.01 kg·sec, 대조구는 0.14±0.02 kg·sec를 나타냄으로써, 차압 예냉처리구가 초기값 대비 가장 적은 변화를 보여주었다. 이는 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만, 차압 예냉처리구가 저장기간 동안 배추의 조직이 가장 단단하게 유지되었음을 의미한다. 전처리에 따른 배추의 저장 특성을 확인한 결과, 전처리의 유무가 배추의 외엽에 유의적인 영향을 주지 않아, 처리의 효과가 긍정적임을 알 수 있었다.

일반적으로 배추의 초기 경도는 세포내의 수분함량과 무기이온 함량에 영향을 받는다[26]. 특히, 세포 내 구성성분인 cellulose의 함량에 비례하여 나타난다[27]. Eum 등의 연구결과에 따르면, 4 주간 저장한 배추의 경우, 저장 4 주까지는 저장전과 비슷한 수준의 경도를 유지한다고 보고하였다[28]. 본 연구에서도 저장 30 일까지는 저장 전과 후의 경도 변화가 적게 나타냄으로써, 같은 경향을 보여주고 있다(Fig. 9).

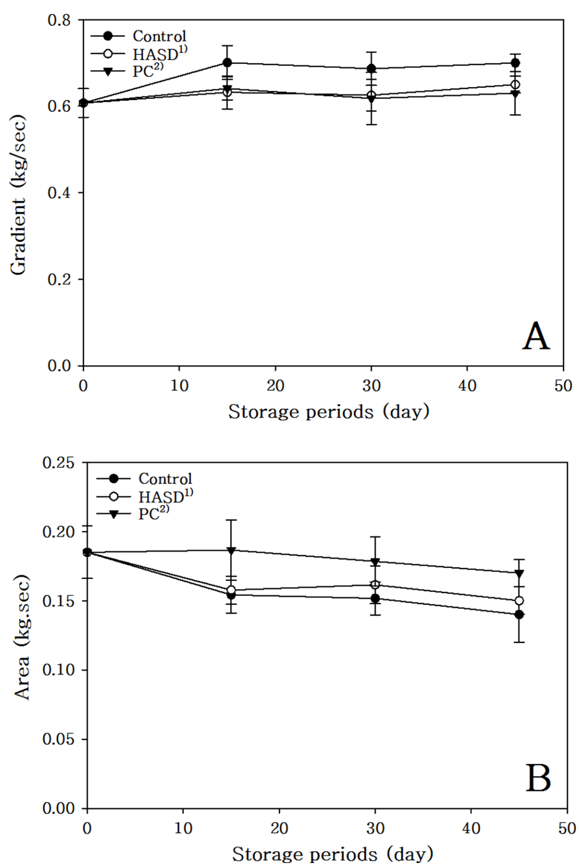

Fig. 8. Character of texture of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage(A: gradient B: area).
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.
A: gradient B: area

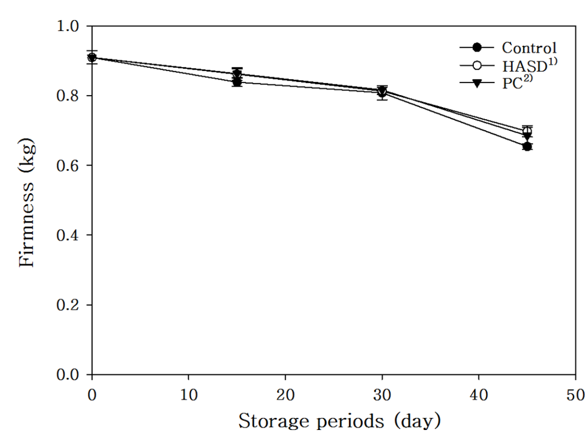

Fig. 9. Firmness of Kimchi cabbage by hot-air surface drying and differential pressure precooling during storage.
1)HASD: Hot-air surface drying.
2)PC: Differential pressure precooling.

또한, 저장기간에 따른 경도 변화의 유의차가 없어, 저장 전처리 방법은 장기 저장 시 배추의 물성에 큰 변화를 가져오지 않는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 봄배추를 순간 건식 열처리와 차압 예냉처리를 이용하여 전처리한 후에 MA 포장하였다. 포장 후 45일간 저장하면서 배추의 품질변화를 평가하였다. 배추의 호흡률은 차압 예냉처리구가 가장 낮게 측정되었으나, 순간 건식 열처리와 유의차가 보이지 않았다. 에틸렌 발생률은 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구 모두 대조구에 비해 낮은 발생률을 보여주고 있다. O_2 및 CO_2 기체 조성은 저장기간에 따라 O_2는 감소하고, CO_2는 증가하며, 처리구별 유의차가 나타나지 않았다. 정선 손실률과 중량 감소율은 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 순간 건식 열처리구와 차압 예냉 처리구별 유의차는 나타나지 않았으나, 대조구에 비해서는 유의적으로 낮은 손실률과 감소율을 보여주고 있다. 전기전도도와 조직 특성, 경도 역시 처리구별 유의차는 없었으나, 순간 건식 열처리구와 차압 예냉처리구는 대조구에 비해 우수하게 나타났다. 결과적으로, 배추의 저장 특성 평가에서 순간 건식 열처리구가 차압 예냉처리구와 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 빠른 전처리에 따른 경제적 효과도 있음으로써, 향후 순간 건식 열처리가 배추의 장기저장 및 선도 유지를 위한 전처리 방법으로 활용 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 지원에 의한 농식품기술개발사업(GA142300-03) 및 과학기술정보통신부 지원에 의한 한국식품연구원의 기본연구사업(E0211002-04)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Jung, J.I., Hong, E.Y., Kim, M.K., Jung, J.W., Oh, J.Y., Kwon, M.S., Lee, K.P. and Kim, G.H. 2009. Changes in Total Glucosinolates Levels and Physico-Chemical Properties of Kimchi using Korean Chinese Cabbage of Harvest Time according to Various Storage Conditions. Korean J Food Preserv. 16: 612-617.
2. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF). 2014. Statistics of vegetables production amount. MAF (http://www.mifaff.go.kr)
3. Lee, I.K., Hong, S.J., Yeoung, Y.R., Park, S.W. and Ku, O.S. 2001. Effects of Postharvest Predrying on Storability of ‘Norang’ Chinese Cabbage. Korean J Hort Sci Technol. 19: 521-525.
4. 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: 429-436.
5. Lee, W.O., Yun, H.S., Jeong, H., Lee, H.D., Cho, K.H. and Kim, M.S. 2003. Development of the Corrugated fiberboard Box for Cold-chain Distribution of Chinese Cabbage. Korean J Food Preserv. 10: 23-27.
6. Won, J.H., Park, S.G., Yoon, S.H. and Oh, C. 2007. A study on the characteristic of vegetables temperature in the pre-cooling vacuum unit. J Navig Port Res. 31: 879-884.
7. Chen, Y.B., Lin, H.Y., Zhao, H.H. and Dai, X.F. 2003. Effect of vacuum precooling for flowering Chinese cabbage. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering. 19: 161-165.
8. Park, S.J., Kim, J.Y., Laksana, A.J. and Kim, B.S. 2023. Effect of Pre-treatment and Packaging Method on Freshness Prolongation of Spring Kimchi Cabbage during Low Temperature Storage. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 29(2): 119-128.
9. Gee, D.L. and Brown, W.D. 1978. Extension of shelf life in refrigerated ground beef stored under atmosphere containing carbon dioxide and carbon mono oxide. J Agric Food Chem. 26: 274.
10. Silliker, J.H. and Wolfe, S.K. 1980. Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats. Food Technol. 59.
11. Kim, S.S. 2015. Changes in the quality characteristics of the pre-treatments of cut kimchi cabbages during short-term storage. MS Thesis. Kyungpook National University, Korea.
12. Jung, I.H., Park, N.B., Kim, S.Y., Na, Y.E. and Kim, S.I. 2014. Screening Methods for Plant-Coating Materials and Transpiration Inhibitory Effect of Soybean Oil to Crops. Korean J. Plant Res. 27: 380-391.
13. Choi, J.W., Kim, S.Y., Lee, J.S., Lee, J.H., Lim, S.Y., Yang, H.J. and Eum, H.L. 2021. Patent Trend Analysis for Postharvest Packaging and Storage Technology of Fresh Fruits, Vegetables and Mushrooms. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 27(3): 193-201.
14. Choi, D.H., Lee J.H., Choi, I.L. and Kang, H.M. 2021. Effect of Growth Temperature and MA Storage on Quality and Storability of Red Romaine Baby Leaves. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 27(3): 187-192.
15. Jung, J.Y., Shin, S.H., Choi, J.H. and Jeong, M.C. 2008. Browning and Quality Changes of Fresh-cut Iceberg Lettuce by Gas Flushing Packagings. Korean J Hort Sci Technol. 26: 406-412.
16. Oh, S.H., Bae, R.N. and Lee, S.K. 2011. Current Status of the Research on the Postharvest Technology of Melon (*Cucumis melo* L.). Korean J Food Preserv. 18: 442-458.
17. Kang, E.J., Jeong, S.T., Lim, B.S. amd Jo, J.S. 1999. Quality Changes in Winter Chinese Cabbage with Various Storage Methods. Korean J Food Preserv. 6: 173-178.
18. In, B.C. and Kim, J.G. 2008. Effect of Precooling and Harvesting at Different Times on Respiration, Browning and

Microbial Growth of Fresh-cut Iceberg Lettuce. Korean J Hort Sci Technol. 26: 258-264.
19. Yang, Y.J., Jeong, J.C., Chang, T.J., Lee, S.Y. and Park, U.H. 1993. CO_2 Production and Trimming Loss Affected by Storage Temperature and Packaging Methods in Chinese Cabbage (*Brassica campestris L. ssp. Pekinensis*) Grown in spring. Korean J Hort Sci Technol. 34: 267-272.
20. Klieber, A., Porter, K.L. and Collins, G. 2002. Harvesting at different times of day does not influence the postharvest of Chinese cabbage. Scientia Horticulturae. 96: 1-9.
21. Lee, J.S. 2021. Effect of Cultivation Method on Growth and Storage Characteristics of Kimchi Cabbage Cultivar 'Chun Gwang' Grown on Semi-highland in Summer. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 27(1): 25-33.
22. Porter, K.L., Klieber, A. and Collins, G. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' Chinese cabbage. Postharvest Biology and Technology. 28: 153-158.
23. Park, S. 2003 Storage Enhancement of Grape through Precooling Process. Korean J Food sci Technol. 35: 1093-1097.
24. Kim, H.S. 2011. Effects of Storage and Shelf Temperature on Quality of Fresh Ginseng. MS Thesis. Duksung Women's University. Korea
25. 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.
26. Brett, C. and Waldron, K. 1996. Physiology and biochemistry of plant cell walls. NewYork, USA, pp. 26-37.
27. 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: 182-190.
28. Eum, H.L., Kim, B.S., Yang, Y.J. and Hong, S.J. 2013. Quality Evaluation and Optimization of Storage Temperature with Eight Cultivars of Kimchi Cabbage Produced in Summer at Highland Areas. Korean J Hort Sci Technol. 31: 211-218.

투고: 2024.07.17 / 심사완료: 2024.08.03 / 게재확정: 2024.08.13