

배출식 CA저장고를 이용한 겨울배추 품질평가

김미나 · 박석호* · 박천완 · 최승영 · 최동수 · 김진세 · 김용훈 · 이수장

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Quality Estimation of Winter Chinese Cabbage Stored in Purge Type of Controlled Atmosphere Storage

Mi Na Kim, Seok Ho Park*, Cheon Wan Park, Seoung Young Choi, Dong Soo Choi, Jin Se Kim, Yong Hun Kim, and Su Jang Lee

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

Abstract

This study was conducted to propose the conditions of controlled atmosphere (CA) storage suitable for the storage of winter Chinese cabbage and to investigate the maximum storage period of Chinese cabbage based on the results of the quality analysis for CA storage. The weight loss rate of Chinese cabbage stored at 194 days in low temperature storage was about 2 times higher than that in CA storage. The trimming loss rate of Chinese cabbage stored at low temperature was 1.5 times higher than that of CA storage after 83 days of storage. Bolting of Chinese cabbage was observed in only low temperature storage. The Chinese cabbage firmness of CA storage was not different in the range of 5.7-6.2 N, while low temperature storage gradually increased after 83 days of storage and was 7.5 N at 194 days. The incidence of mold occurred after 83 days in low temperature storage, while in CA storage it occurred after 153 days. In the quality evaluation, CA storage for Chinese cabbage was rated 1.5-1.9 points higher than the low temperature storage. The maximum storage period of Chinese cabbage at low temperature storage was 83 days and that at CA storage 153 days.

Key words: controlled atmosphere storage, low temperature storage, winter Chinese cabbage, maximum storage period, quality estimation of Chinese cabbage

서 론

우리나라 대표 저장 발효식품인 김치의 주원료로 사용하는 배추는 재배기술의 발전과 품종개량으로 현재 연중 재배생산이 가능해졌다(Jung, 2013). 연중 재배생산에 따라 우리나라에서 재배되는 배추는 봄배추, 여름배추, 가을배추 및 겨울배추가 있다. 각 배추 별 수확 시기는 봄배추의 경우 6월 중순이며, 여름배추는 7월 하순, 가을배추와 겨울배추는 10월 하순과 2월 상순이다. 배추 별 저온저장 가능 기간은 봄배추는 45일이며, 여름배추는 30일, 가을배추와 겨울배추는 각각 3.5개월과 3개월이다(Kim et al., 2015). 재배기술의 발달과 품종개량으로 연중생산이 가능하나 배

추는 서늘한 환경을 좋아하는 호냉성 채소로써, 기온이 급격히 올라가는 봄부터 여름시기에는 고랭지 지역에서 재배 생산이 가능한 한계점을 가진다. 최근 봄부터 여름까지 잦은 장마와 장기간의 가뭄 등 이상 기상환경 발생에 따라 배추의 품질과 수량이 크게 감소하였다(Kim et al., 2017). 이상 기후 현상에 따른 배추의 수급조절 문제는 가격의 급격한 등락을 심화하여 사회적 문제로 대두되고 있다.

이러한 수급조절의 문제를 해결할 수 있는 대안으로 배추의 장기저장기술 개발을 들 수 있다. 현재까지 우리나라에 보급되어 이용되는 저장기술은 저온저장이다. 저온저장은 낮은 온도와 높은 상대습도를 통해 배추의 호흡과 증산을 억제시키므로 원예산물의 품질을 유지시켜 저장기간을 연장하는 기술이다. 그러나 저온저장 기술로 우리나라에서 생산되는 배추를 연중 안정적으로 공급하기에는 한계가 있다. 특히, 봄배추와 여름배추는 빠른 생육으로 생체조직이 치밀하지 않아 저장성이 다른 계절 배추와 비교하여 낮다. 또한 봄배추와 여름배추는 특유의 풋내가 가을배추와 겨울배추에 비해 강하여 김치로 제조하였을 때 맛이 떨어지는

*Corresponding author: Seok Ho Park, Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Jeollabuk-do, 54875, Korea
Tel: +82-63-238-4123; Fax: +82-63-238-4105
E-mail: shpark1827@korea.kr
Received November 7, 2017; revised January 17, 2018; accepted January 25, 2018

문제를 야기하기도 한다. 김치제조업체는 김치제조 시 맛이 우수한 겨울배추를 현재 저온저장보다 더 장기 저장하여 사용할 수 있는 기술을 요구하고 있다.

그러나 겨울배추를 저온저장 할 경우 최대 3개월 저장이 가능하여 봄배추가 생산되는 6월 중순까지 저장은 어렵고, 4월 이후부터는 걸잎이 거의 제거된 상태로 유통된다. 이러한 저온저장의 한계를 극복할 수 있는 장기저장기술로 CA (controlled atmosphere)저장을 주목하고 있다. CA저장은 저온저장과 다르게 온도와 습도 외에 저장고 내부의 산소와 이산화탄소 기체농도를 변화시켜 저장하는 기술이다 (Park et al., 2016). 겨울배추를 CA저장하면 기존 저온저장의 저장한계 기간인 3개월 보다 더 장기간 저장이 가능할 것으로 예상되어, CA저장기술이 우리나라 배추 수급조절에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

국외의 경우 배추와 양배추의 장기저장을 위해 CA저장 연구를 주로 수행하였으며, Garipey et al. (1984)은 겨울 녹색 양배추를 CA저장하면 저온저장보다 약 1.7배 더 장기 저장이 가능하다고 하였다. Raghavan et al. (1984)은 상업적 규모인 236톤의 양배추를 저온저장과 CA저장하였고, 저장 226일차에 저온저장한 양배추의 정선손실율이 CA저장에 비해 2.8배 더 많이 발생하였다고 보고하였다. Menniti et al. (1997)은 'NS cross'와 'Noyusa F1' 양배추 품종을 저온저장과 CA저장한 결과, 'NS cross'는 저온저장에서 흑점병의 발생이 74일부터 발생하여 110일차에는 100% 발생한 반면, CA저장에서는 거의 발생하지 않았다고 보고하였다. 'Noyusa F1'은 저온저장에서 63일차에 100% 발생하였으며, CA저장한 양배추의 경우는 109일차에 50% 발생하였다고 보고하였다. 국내의 경우 Yang & Pek (1996)이 봄배추의 CA저장 연구를 수행한 결과, 저장 60일차에 저온저장과 MA (modified atmosphere)저장한 배추의 무게가 CA저장한 배추보다 2.8배 더 줄었으며, 경도의 경우도 CA저장은 60일차까지 경도 측정이 가능하였으나 MA저장처리는 저장 30일 이후 측정이 불가능할 정도로 물러졌다고 보고하였다. 저온저장과 다른 저장방법보다 장기저장이 가능하며, 품질유지가 우수한 CA저장의 효과는 연구결과로 입증되었다.

그러나 CA저장은 저장효과가 우수하다고 보고하고 있지만 가장 효과적인 저장조건에 대해서는 연구자마다 서로 달라 어느 조건을 현장에 적용해야 좋은지 판단하기가 어렵다. Garipey et al. (1984)은 1.5°C, 80-90%RH, O₂ 1.5-3.0%, CO₂ 3.5-5.0% 저장조건이 총 손실율과 관능검사에서 우수한 품질을 유지하였다고 하였다. Daly & Tomkins (1995)는 0-1°C, 습도 98-100%RH, O₂ 2.0%, CO₂ 2.0-5.0%를 배추저장의 최적조건으로 제시하였으며, Adamicki & Gajewski (1999)의 경우 2°C, O₂ 3.0%, CO₂ 2.5%가 손실율이 가장 낮으면서 외관품질이 양호한 저장조건이라 하였다. Hermansen & Hoftun (2005)의 경우 1.5°C저장 조건

에서 'Nerva'는 CA저장처리 조건에 상관없이 냉해가 발생되지 않았으나, 'Parkin'의 경우 O₂ 1.5%, CO₂ 0.5% 처리보다 O₂ 3.0%, CO₂ 3.0% 처리가 냉해나 흑점병 발생이 적었다고 하였다. Yang et al. (1993a; 1993b; 1996)은 봄배추와 가을배추 모두 0°C, 96-100%RH, O₂ 1.0%, CO₂ 1.0%처리가 중량감소율이나 경도, 엽록소 함유량과, 외관품질평가에서 우수한 결과를 가졌다고 하였다. 우수한 저장효과상에도 불구하고 지금까지의 연구결과에서 나타나듯 연구자마다 배추저장에 적합한 저장온도와 습도 및 산소와 이산화탄소 농도를 다르게 제시하고 있어, 현장에서 필요한 겨울배추 CA저장조건을 설정하기가 어렵다.

따라서 본 연구에서는 실제 농업현장에서 겨울배추를 CA저장에 활용할 수 있는 CA저장 환경조건과 품질변화에 대한 자료를 제공하기 위하여 연구를 수행하였다. 지금까지의 연구결과에서 제시한 온도, 습도, 산소 농도, 이산화탄소 농도 조건을 분석하여 겨울배추에 적합하다고 판단되는 0°C, 90-95%, O₂ 1.0-3.0%, CO₂ 0.2-5.0% 조건으로 겨울배추를 CA저장하고, 저온 저장한 배추와 품질 및 저장기간을 비교 분석하여 겨울배추의 최대 저장 가능기간을 제시하였다.

재료 및 방법

공시 재료 및 CA저장고

겨울배추 시료는 전남 해남에서 2016년 12월 13일에 수확하였다. 수확한 배추는 걸잎을 제거 한 후 플라스틱 박스 한 개 당 3-4포기씩 담아서 준비하였다. 예건(pre-drying)은 0°C에서 48시간 진행하였으며, 예건 후 배출식 CA저장고에 1.8 ton을, 고습도 저온저장고에는 1.0 ton을 각각 입고하였으며, 입고 시 충분히 공기가 순환되도록 상자 사이의 간격을 10 cm를 유지하였다. Fig. 1의 배출식 CA저장고는 질소발생기만을 이용하여 CA저장고 내 O₂와 CO₂ 농도를 일정하게 조절하도록 되어 있다(Park et al., 2015; Park et al., 2016). 질소발생기에서 고순도의 질소(O₂ 1.0%, N₂ 99.0%)를 CA저장고로 공급하여 CA저장고 내부의 공기와 혼합된 공기를 배출시키게 되면 CA저장고의 O₂ 농도가 21.0%에서 3.0%까지 낮아지게 된다. O₂ 농도가 3.0%에 도달되었을 때 모든 밸브를 닫아 CA저장고를 밀폐시키면 배추의 호흡하면서 O₂를 소모하고 CO₂를 배출하게 되어 CO₂ 농도가 2.0%에 도달하게 된다. CO₂ 농도를 0.5%까지 다시 낮추기 위해 낮은 농도의 CO₂를 공급해야 하는데 이때는 O₂의 농도를 3.0%로 유지해야 하므로 N₂ 97.0%, O₂ 3.0%, CO₂ 0.0%로 가스를 공급하도록 되어 있다. O₂의 농도를 3.0%까지 낮추는데 13시간 정도 소요되며, CO₂ 농도를 0.5%까지 낮추는데 걸리는 시간은 약 4시간이다. CA저장고와 저온저장고의 온도, 습도, O₂ 및 CO₂ 농도는 Table 1과 같다.

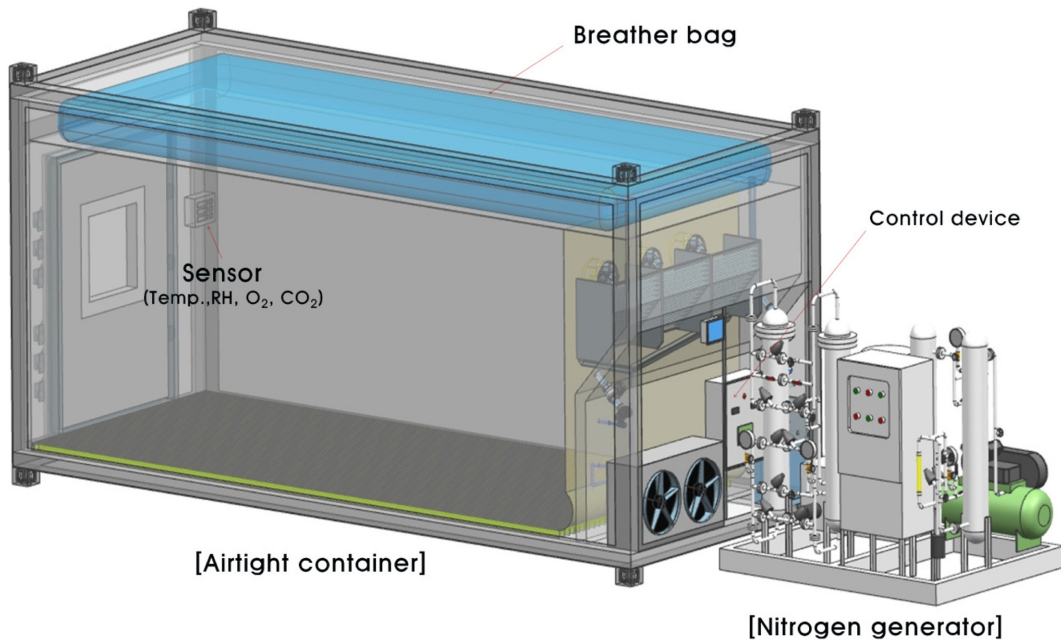


Fig. 1. Schematic diagram of Purge type of CA container.

Table 1. Storage environmental conditions for CA storage and low temperature storage

	CA storage	Low temperature storage
Temperature	0 ± 1°C	0 ± 1°C
Relative humidity	90 ~ 95%	90 ~ 95%
Gas concentration rate	O ₂ (1~3%) + CO ₂ (0.2~5.0%)	O ₂ (20.9%) + CO ₂ (0.03%)

겨울배추 품질변화 조사

겨울배추의 품질은 중량감소율, 정선손실율, 경도, 곰팡이 발생률, 관능검사를 수행하여 분석하였다. 조사 시기는 입고 후 0일, 52일, 83일, 153일, 194일차에 품질조사를 하였다. 중량감소율(Weight loss; WLOSS)은 CA저장 및 저온 저장고의 배추 전체 중에 20박스를 무작위로 선정하여 조사에 사용하였다. 저울(DW-150, CAS, Yangju, Korea)로 무게를 측정하였다. 배추의 중량감소율은 계산식 (1)과 같이 계산하여 구하였다.

$$WLOSS (\%) = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

W_o (kg): Initial weight of Chinese cabbage

W_f (kg): Final weight of Chinese cabbage

배추의 정선손실율(Trimming loss; TLOSS)은 외관상 배추의 신선도와 상품성을 나타내기 위한 지표로 사용하기 위해 조사하였다. 배추의 정선손실율 측정은 시료의 정선 전 배추무게를 저울(SW-1S, CAS, Yangju, Korea)로 측정 한 후 상품성을 가지는 상태가 될 때까지 건조하거나 부패된 걸잎을 제거한 후의 무게를 측정하여 계산식 (2)로 계산하였다.

$$TLOSS (\%) = \frac{W_{tb} - W_{ta}}{W_{tb}} \times 100 \quad (2)$$

W_{tb} (g): Chinese cabbage weight before trimming

W_{ta} (g): Chinese cabbage weight after trimming

경도는 호흡대사 등에 따른 세포벽 붕괴로 인한 조직 변화 양상과 관능검사 항목인 식미감과의 연관성을 조사하기 위해 측정하였다. 배추는 총 30개를 이용하였고, 배추의 4 번째 잎의 중륵(midrib) 부분을 5×5 cm 크기로 절단하여 배추 1포기당 2-3개의 절편을 만들어 경도를 3반복 측정하였다. 배추의 경도 측정방법은 준비한 시료의 바깥쪽이 위로 가게 하여 엽맥(leaf vein) 사이의 평평한 부분을 측정하였다. 측정에 사용된 기기는 texture analyzer (TX-XT2 texture analyzer, Stable micro system Ltd., Surrey, UK)이며, Probe의 직경은 2 mm이며, test speed는 0.5 mm/s, 깊이는 10 mm로 엽육(mesophyll)을 완전히 관통시켜 경도를 측정하였다.

곰팡이 발생률(Incidence of mold; IMOLD)은 CA저장 및 저온 저장한 배추 10박스를 무작위로 선정하여 각각 조사하였다. 곰팡이가 발생한 배추의 판단 기준은 곰팡이가 배추 겉 표면의 20% 이상 발생한 시점을 기준으로 판

단하였다. 곰팡이 발생률은 계산식 (3)으로 계산하였다.

$$\text{IMOLD (\%)} = \frac{M_m}{N_t} \times 100 \quad (3)$$

N_m (head): Chinese cabbage number with the molds of 20% or more

N_t (head): Total number of Chinese cabbage

관능검사는 CA저장고를 개방하는 시점인 저장 201일차 배추시료로 2017년 7월 4일에 배추 전문유통업체 관계자와 김치제조업체, 배추 수확 후 관리 저장 전문연구자들 50명이 참여하여 진행하였다. 관능검사 조사 항목은 외관 (external appearance), 식미감(texture), 신선도(freshness), 맛(taste), 이취(flavor), 전반적 선호도(overall acceptance) 등을 9단계 단계로 평가하는 방법을 사용하였다. 9단계 평가는 9(매우 좋음)에서 1(매우 나쁨)점까지 점수를 부여하였다.

중량감소율, 정선손실율과 경도의 실험 결과는 평균±표준편차로 나타냈으며 두처리평균 간의 유의성 검정은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 t -test 방법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

중량감소율

CA저장과 저온저장 기간 동안 겨울배추의 중량감소율 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 저장기간이 경과함에 따라 CA저장과 저온 저장한 배추의 중량감소율이 점차 증가하였지만 CA저장과 저온저장 간의 배추 중량감소율은 유의적인($p < 0.05$) 차이를 보였다. 특히 배추의 최종 중량감소율

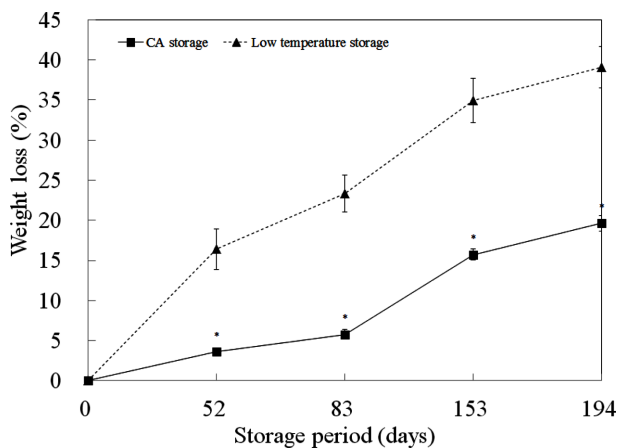


Fig. 2. Changes in weight loss rate of Chinese cabbage by storage period. * indicates significant difference at $p < 0.05$ by t -test. Vertical bars indicate standard deviations ($n=60$).

은 저장 194일차에 저온저장이 39%, CA저장은 20% 발생하여 저온저장이 CA저장보다 약 2배 높게 나타났다. Yang et al. (1993b)의 연구결과에서도 160일차의 중량감소율이 CA저장조건에서 4.3%로 나타나 천공 PE (polyethylene film) 필름 저온저장의 10.6%에 비해 약 2.4배 나타나 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다. 저장 중 배추의 수분손실의 원인으로 증산작용과 호흡대사로 볼 수 있다. 증산작용은 채소표면과 주변공기의 증기압차에 의해 수분이 손실되며, 주변공기의 상대습도, 온도, 압력 등에 의해 달라질 수 있다(Cha et al., 2008). 배추의 저장 중 중량감소율의 변화를 증산작용측면으로 보면 배추 내부의 수분이 표면으로 이동하면서 상대적으로 습도가 낮은 저장고 내부로 표면이 있던 수분이 증발하기 때문으로 생각된다. CA저장이 저온저장에 비해 중량감소율이 낮은 것은 CA저장의 경우 기밀성을 유지해야 하는 저장고 특징상 고습도가 유지되기 때문에 증산작용이 저온저장에 비해 억제된 결과라고 판단되며, Chung et al. (2003)도 CA저장고의 가스기밀성으로 높은 상대습도를 유지하여 과실의 중량감소 억제에 효과적이라고 하였다.

겨울배추의 중량감소에 영향을 주는 또 하나의 요인은 호흡대사이다. 호흡과정에서 발생하는 열 에너지는 농산물 온도를 상승시켜 농산물과 농산물 주위의 증기압차(vapor pressure deficit)를 상승시켜 증산작용에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Holcroft, 2015). 본 연구결과에서도 CA저장의 경우 대기와 비교하여 1.0-3.0%의 저농도 O_2 와 0.2-5.0%의 고농도 CO_2 로 배추의 호흡대사가 억제되므로 호흡에 의한 열 발산이 억제된 것으로 보인다. 호흡대사의 억제는 결과적으로 증산작용을 감소시켜 CA저장 배추의 중량감소율이 저온저장 배추보다 적게 나타난 것으로 판단된다. 또한 CA저장고의 경우 기밀과 단열이 우수하기 때문에 저장고 내부의 온습도가 균일하게 유지되어 샘플간의 편차가 적게 나타난 결과라고 판단된다. 저장 기간 중 발

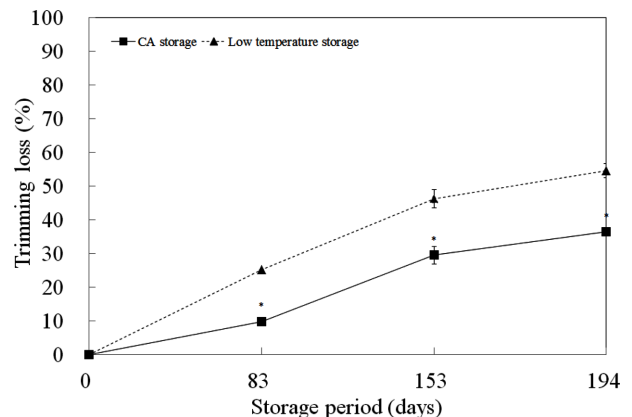


Fig. 3. Changes in trimming loss of Chinese cabbage by storage period. * indicates significant difference at $p < 0.05$ by t -test. Vertical bars indicate standard deviations ($n=60$).

생하는 배추의 중량 감소는 수분 손실로 인하여 나타나며 수분 손실에 따른 배추 잎의 시듦과 양적 손실이 발생하기 때문에 배추의 중량감소율은 경제적 손실로 이어져 상품성 판단에 매우 중요한 지표라 할 수 있다.

정선손실율

정선손실율은 건조되거나 부패된 외부 잎을 제거한 후 실제 이용 가능한 배추를 기준으로 조사하므로(Lee et al., 2016) 주관성을 가지는 상품성을 객관적인 수치로 표현할 수 있는 지표이다. Fig. 3은 저장기간 경과에 따른 겨울배

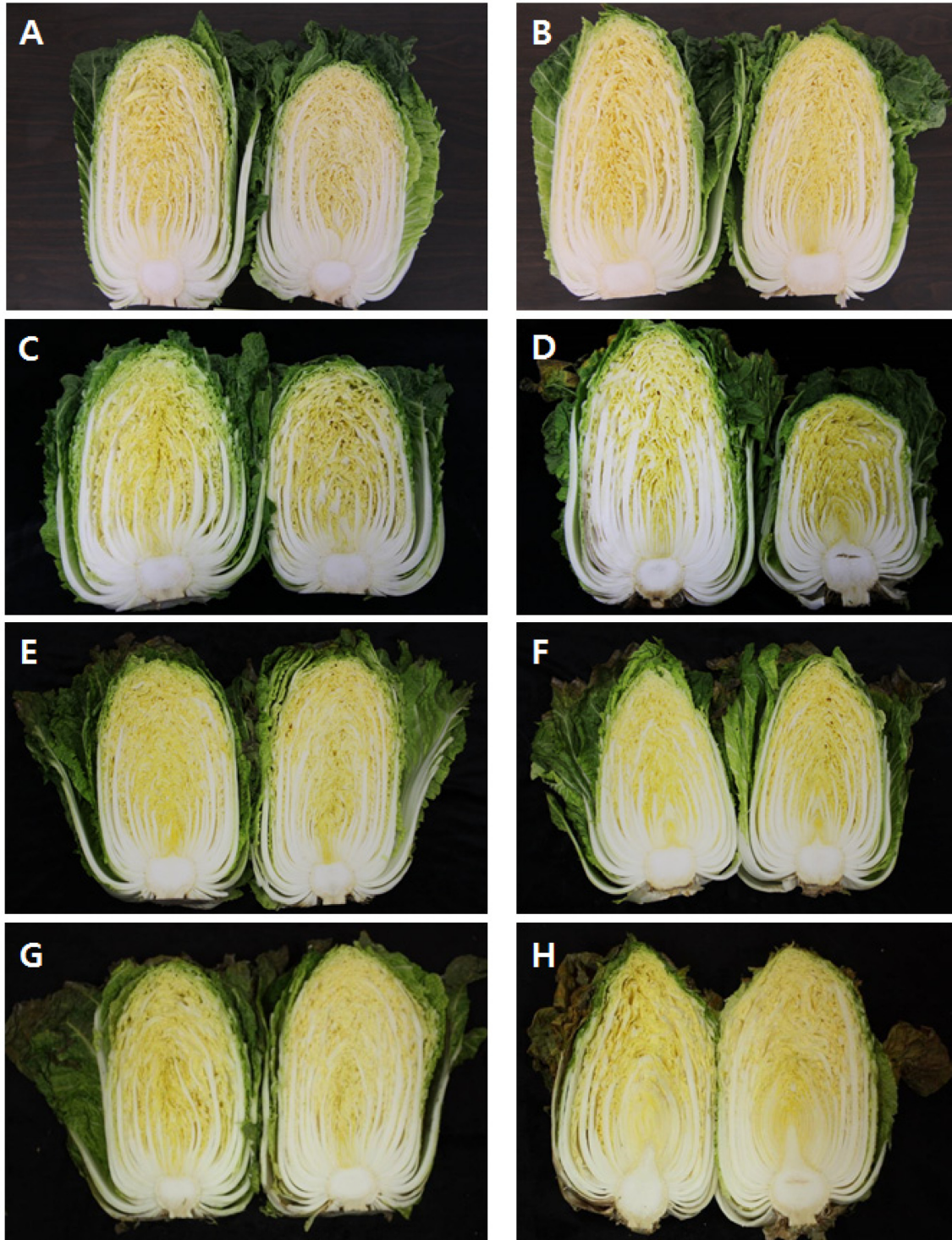


Fig. 4. Changes in bolting of Chinese cabbage by storage period. A, C, E, G: CA storage (52 days, 83 days, 153 days, 194 days), B, D, F, H: Low temperature storage (52 days, 83 days, 153 days, 194 days).

추의 정선손실율의 변화를 나타낸 것으로써 저장기간이 경과함에 따라 정선손실율은 CA저장과 저온저장 모두 증가하였다. 정선손실율은 저장 194일차에 저온저장이 54%로 CA저장의 36%에 비해 1.5배 더 많이 발생하여 유의적인 ($p<0.05$) 차이를 나타냈다. Raghavan et al. (1984)의 양배추 저장실험에서도 저장 226일차의 정선손실율이 저온저장이 CA저장과 비교하여 3배 높게 발생하였다고 하였다. CA저장 배추의 정선손실율이 저온저장에 비해 적은 원인으로 CA저장이 O_2 1.0-3.0%의 저농도에서 저장하여 저장산물의 성숙과 노화지연, 호흡률 저하, 내부 붕괴 억제를 가지며, CO_2 0.2-5.0%의 고농도 저장조건에 따른 숙성지연과 일부 효소활동의 억제, 작물의 곰팡이 발생 억제, 무름과 변색 지연, 클로로필(chlorophyll) 분해 및 펙틴(pectin) 구조 붕괴 억제에 따른 결과라고 보고하였다(Thompson, 2010; Kim et al., 2013). 본 연구에서도 CA저장과 내부기체조성에 따른 호흡대사 및 미생물 번식 억제, 고습도에 의한 수분손실 저하로 저온저장 배추보다 CA저장 배추의 품질저하가 지연되었으며, 결과적으로 CA저장 배추의 정선손실율이 저온저장에 비해 낮게 나타난 것으로 판단되었다. Fig. 4는 CA저장과 저온저장 배추의 내부 절단면에 나타난 추대(bolting, flower stalk formation) 현상을 나타낸 그림으로 CA저장의 경우(Fig. 4의 A, C, E, G) 단축경(dwarf stem)에 추대가 나타나지 않았지만 저온저장(Fig. 4의 D, F, H)에서는 추대가 발생하였다. 이 현상은 CA저장에서 저농도의 O_2 와 고농도의 CO_2 에서 대사활동이 억제되어 생장이 지연된 결과라고 판단된다. CA저장의 표본오차는 2.10-2.64, 저온저장의 경우는 1.16-2.54로 CA저장과 저온저장이 비슷한 값이 나타났다. 이 결과는 측정 샘플간 개체 차이로 인한 결과로 판단된다.

경도

경도는 조직의 무른 정도를 나타내는 수치로 관능검사의

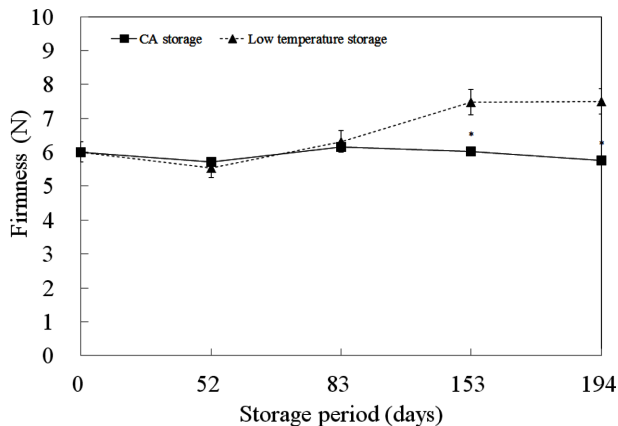


Fig. 5. Changes in firmness of Chinese cabbage by storage period. * indicates significant difference at $p<0.05$ by *t*-test. Vertical bars indicate standard deviations ($n=60$).

식미감(texture)과 연관된다. Fig. 5은 저장기간 경과에 따른 겨울배추의 경도 변화를 나타낸 그림이다. CA저장의 표본오차는 0.25-0.40, 저온저장의 경우는 0.20-0.35로 나타났다. 겨울배추의 경도 변화를 보면 저장 83일 이후부터 CA저장과 저온저장이 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. CA저장 배추의 경우 경도가 5.7-6.2 N 사이에서 저장 194일까지 일정한 값을 가지는 모습을 보이거나 저온저장 배추의 경우 5.5-7.5 N 사이로 83일 이후 점차 증가하는 모습을 보였다. 저장 194일차에 경도값은 저온저장이 CA저장보다 1.3배 정도 더 크게 나타났다. 저장기간 경과에 따른 저온저장 배추의 경도 증가는 다른 배추 실험에서도 나타났다. 저장 3개월까지 저장 초기의 경도를 유지하였으나 저장 4개월 이후 저온저장 배추의 경도는 증가하였다(Lee et al., 2001; Lee et al., 2007; Kim et al., 2015; Lee et al., 2016). 저온저장 배추의 경도 증가는 수분 손실에 의한 조직의 질겨짐으로 판단된다. 본 실험에서 배추의 저장기간 경과에 따른 경도의 변화모습은 저온저장의 경우 중량감소율과 같이 수분손실의 영향으로 생각된다. 저장기간 경과에 따른 수분손실의 발생으로 배추 중륵(midrib) 부위의 엽육(mesophyll) 내부의 연화와 위조가 발생하였으나, 엽육의 표피 부분은 수분증발에 따라 질겨지게 되어 결과적으로 경도가 증가한 것으로 생각된다. CA저장의 경우 대사활동 억제와 저장고의 기밀성이 우수하여 높은 상대습도 유지로 조직연화가 저하되어 일정한 경도값을 유지할 수 있었던 것으로 생각된다.

곰팡이 발생

곰팡이 발생에 따른 배추의 오염은 부패와 악취를 야기하며, 악취는 배추의 상품성 저하의 원인이 된다. 곰팡이는 배추에 직접적으로 발생하여 상품성을 저하시키고, 곰팡이 포자 발생에 따른 2차 감염으로 배추의 저장성 저하에 영향을 주어 품질조사에서 중요한 항목이라 생각한다. Fig. 6은 저장기간 경과에 따른 CA저장과 저온저장 겨울배추의

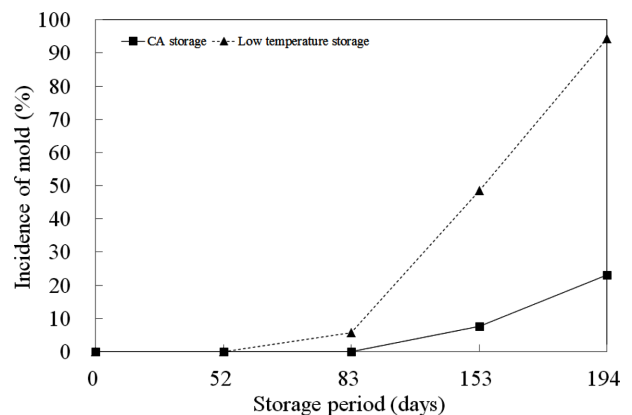


Fig. 6. Changes in incidence of mold of winter Chinese cabbage by storage period.

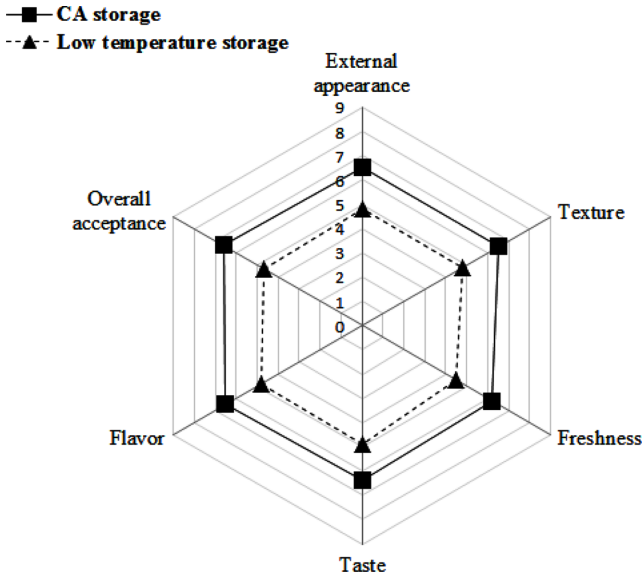


Fig. 7. Sensory evaluation of Chinese cabbage by 9 scale point (201 days).

곰팡이 발생율을 나타낸 그림이다. 저온저장은 저장 83일차에 6% 발생하여 저장기간이 경과함에 따라 곰팡이 발생율이 점차 증가하였다. CA저장의 경우 저온저장보다 70일 지연된 153일차에 곰팡이가 8% 발생하였으며 이후 곰팡이 발생율은 증가하였다. 저장 194일차의 곰팡이 발생율은 저온저장이 94%, CA저장이 23% 발생하여 저온저장이 CA저장보다 약 4배 정도 더 발생되었음을 알 수 있다. 이 결과는 CA저장에서 고농도의 CO₂와 저농도의 O₂조건이 배추의 곰팡이 발생을 억제한 것으로 판단된다(Daly & Tomkins, 1995; Janisiewicz et al., 2008; Thompson, 2010).

관능검사

관능검사는 중량감소율, 정선손실율, 경도 등 다른 품질조사 항목만으로는 상품성 유지와 실제 시장에서의 소비자들의 선호성과 구매의향을 표현하기 부족함을 보완하기 위해 관능평가를 실시 하였다. 관능검사는 실제 배추를 전문적으로 유통하고, 김치제조를 위해 대량 구매하는 관계업자, 배추 수확 후 관리 저장 전문연구가들을 대상으로 조사하였다. Fig. 7과 같이 저장 201일차에 실시한 관능검사에서 CA저장이 전반적인 부분에서 저온저장보다 1.5-1.9점 더 높게 평가되었다. 외관(external appearance)과 신선도(freshness)의 경우 CA저장 배추가 저온저장 배추에 비해 중량감소율과 정선손실율에서 양호한 결과를 얻은 결과와 유사하게 CA저장이 저온저장보다 높은 점수를 받았으며, 식미감(texture)의 경우 경도가 일정하게 유지되면서 저온저장에 비해 아삭함을 잘 유지되어 높은 평가를 받은 것으로 판단된다. 맛(taste)과 이취(flavor)의 경우 품질조사에서 다루지 못한 다른 요소들의 영향으로 보다 높은 점수를 받았으며, 전반적인 선호도(overall acceptance)도 CA저장 배추



Fig. 8. Rooting phenomenon of Chinese cabbage during low temperature storage.

가 더 높은 점수를 받았다.

겨울배추의 품질변화와 관능평가 결과를 종합해 볼 때 저온저장과 CA저장의 변화가 나타나는 83일이 저온저장의 겨울배추 저장 한계기로 판단된다. 저온저장의 83일차에 나타난 중량감소율과 정선손실율은 CA저장에서 153일차에 비슷한 결과를 보였기 때문에 겨울배추를 CA저장할 경우 저온저장보다 약 1.85배 더 장기 저장이 가능할 것으로 판단된다. 또한 저온저장 83일차에 발생한 배추 내부 추대현상(Fig. 4)과 배추 하단절단부의 발근현상(Fig. 8)은 배추의 저장성 한계기를 판단하는 중요한 지표로 사용할 수 있을 것으로 판단되므로 금후에 자세한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 기존의 배추 CA저장 연구결과를 바탕으로 현장에서 요구하는 겨울배추 CA저장에 적합한 조건을 제시하고, 저온 저장한 배추와의 품질 및 저장기간을 비교 분석하여 겨울배추의 최대 저장 가능기간을 제시하고자 본 연구를 수행하였다. 겨울배추 CA저장의 저장조건은 0°C, 90-95%, O₂ 1.0-3.0%, CO₂ 0.2-5.0%로 최종 설정하였으며, 저온저장고와 CA저장고에 예견한 겨울배추를 각각 1.8 ton, 1.0 ton 입고하였다. 품질조사 항목은 중량감소율, 정선손실율, 경도, 곰팡이 발생률, 관능검사이며, 품질조사는 입고 후 0일, 52일, 83일, 153일, 194일차에 진행하였다. 194일 저온 저장한 배추의 중량감소율은 CA저장한 배추보다 약 2배정도 높았으며, 정선손실율도 저온저장이 CA저장보다 1.5배 많았으며, 저장 83일 이후부터 배추 내부의 추대현상이 저온저장에서 많이 관찰되었다. 경도의 경우 CA저장 배추는 5.7-6.2 N범위에서 큰 변화를 보이지 않은 반면, 저온저장 배추는 83일 이후부터 점차 증가하는 모습을 보여 194일에 7.5 N을 가졌다. 곰팡이 발생률의 경우 저온저

장 배추는 83일 이후 발생하기 시작하였으며, CA저장 배추는 153일 이후 발생하여 70일 정도 곰팡이 발생을 지연시켰다는 것을 알 수 있었다. 관능검사의 경우 CA저장이 전반적인 평가항목에서 1.5-1.9점 정도 저온저장보다 높게 평가되었다. 겨울 배추의 최대 저장기간은 저온저장이 83일, CA저장이 153일로 CA저장이 저온저장보다 약 1.9배 더 장기간 저장이 가능한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2017년 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ011962012017)의 지원에 의해 이루어진 것으로 감사드립니다.

References

- Adamicki F, Gajewski M. 1999. Effect of controlled atmosphere on the storage of Chinese cabbage. *Veg. Crop. Res. Bull.* 50: 61-70.
- Cha HS, Youn AR, Kim SH, Jeong JW, Kim BS. 2008. Quality analysis of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) as influenced by storage temperature and harvesting Period. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 1-7.
- Chung HS, Kim SH, Chang EH, Youn KS, Seong JH, Choi JU. 2003. Changes in physicochemical and organoleptic qualities of 'Niitaka' pears during controlled atmosphere storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 865-870.
- Daly P, Tomkins B. 1995. Production and Postharvest Handling of Chinese Cabbage. RIRDC publication, Centre Vic, Australia, pp 32-33.
- Holcroft D. 2015. Water Relations in Harvested Fresh Produce. The Postharvest Education Foundation, Oregon, USA, pp 3-14.
- Garipey Y, Raghavan GSV, Theriault R. 1984. Use of the membrane system for long-term CA storage of cabbage. *Canadian Agric. Eng.* 26: 105-109.
- Hermansen A, Hoftun H. 2005. Effect of storage in controlled atmosphere on post-harvest infections of *Phytophthora brassicae* and chilling injury in Chinese cabbage. *J. Sci. Food Agric.* 85: 1365-1370.
- Jung JW. 2013. Obstacle observed during Chinese cabbage storage. *Food Sci. Ind.* 46: 19-22.
- Go GD, Lee YB. 2013. History of Korean Horticulture. Korean Society for Horticultural Science. Wanju, Korea, pp 521-531.
- Kim JK, Lee JS, Park MH, Choi YJ. 2015. Development of Practical Manual on Postharvest Management of Kimchi Cabbage through Adoption of the Improved Technology. National Horticultural Research Institute, Rural Development Administration, Wanju, Korea, pp 1-20.
- Kim SW, No HY, Lim HB, Choi SY, Han ES, Lee DG, Chae JH, Kim SY. 2017. Agricultural Outlook. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea, pp 562-564.
- Lee IK, Hong SJ, Yong YR, Park SW, Ku WS. 2001. Effects of postharvest predrying on storability of 'Norang' Chinese cabbage. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 19: 521-525.
- Lee JS, Choi JW, Chung DS, Lim CI, Lee YS, Lim SC and Chun CH. 2007. Cold storage, packing and salting treatments affecting the quality characteristics of winter Chinese cabbages. *Korean J. Food Preserv.* 14: 24-29.
- Lee YJ, Lee HO, Kim JY, Kim BS. 2016. Effect of pallet-unit MAP treatment on freshness extension of spring Chinese cabbage. *Korean J. Food Culture.* 31: 634-642.
- Menniti AM, Maccaferri M, Folchi A. 1997. Physio-pathological responses of cabbage stored under controlled atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 207-212.
- Park SH, Chun HH, Choi DS, Choi SR, Kim JS, Oh SS, Lee JS. 2015. Development of controlled atmosphere container using gas separation membrane for the storage of agricultural products. *Food Eng. Prog.* 19: 70-75.
- Park SH, Park JW, Choi DS, Kim JS, Kim YH, Choi SR, Oh SS, Oh YS, Lee JS. 2016. Development of the purge-type controlled atmosphere storage container and analysis of gas control performance. *Food Eng. Prog.* 20: 15-20.
- Raghavan GSV, Garipey Y, Theriault R, Phan CT, Lanson A. 1984. System for controlled atmosphere long-term cabbage storage. *Int. J. Refrig.* 7: 66-71.
- Thompson AK. 2010. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CABI, Cambridge, USA, pp 156-157.
- Janisiewicz WJ, Saftner RA, Conway WS, Yoder KS. 2008. Control of blue mold decay of apple during commercial controlled atmosphere storage with yeast antagonists and sodium bicarbonate. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 374-378.
- Yang YJ, Pek UH. 1996. Effect of CA storage on postharvest quality and color changes of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) grown in spring. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 37: 662-665.
- Yang YJ, Kang L, Lee SY, Jang TJ. 1993a. Effect of controlled atmosphere storage on external quality and color of Chinese cabbage grown in spring. *Horticulture abstracts* 11: 30-31.
- Yang YJ, Kang L, Lee SY, Jang TJ. 1993b. Marketability affected by cultivars and packaging Methods during the long-term storage of Chinese cabbage grown in autumn. *Horticulture abstracts* 11: 126-127.