

예냉 처리가 치콘의 MA 저장성에 미치는 영향

정현진¹ · 서현택^{1,2} · 최인이¹ · 유태종¹ · 손진성¹ · 원재희² · 김일섭¹ · 강호민^{1,3*}
¹강원대학교 원예학과, ²강원도 농업기술원, ³강원대학교 농업생명과학연구원

Effect of Precooling Treatments on the Storability of Chicon during MA Storage

Hyun Jin Jung¹, Hyun Taek Seo^{1,2}, In-Lee Choi¹, Tae-Jong Yoo¹,
Jin-Sung Son¹, Jae Hee Won², Il Seop Kim¹, and Ho Min Kang^{1,3*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l Univ., Chuncheon 200-701, Korea

²Gangwon Provincial ARES, Chuncheon 200-150, Korea

³Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon Nat'l Univ., Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. The effects of precooling treatments on the storability of chicon were investigated during modified atmosphere (MA) storage. The forced air cooling showed faster precooling rate that reduced the internal temperature of chicon to $2 \pm 1^\circ\text{C}$, and the precooling time of forced air cooling was 1/6 of room cooling. The half cooling time was 3 hr 21 min in room cooling and 1 hr 17 min in forced air cooling. Weight loss was less than 0.5% in all treatments both 5°C and 10°C MA storage and maintained higher in forced air cooling treatment. The concentration of carbon dioxide, oxygen, and ethylene of 50 μm ceramic film packages were observed higher at 10°C than 5°C . The precooling effect on respiration reduction was not shown at 5°C , but appeared that the gas concentration of precooling treatments showed less carbon dioxide and higher oxygen than non precooling treatment by 9 days after 10°C storage. Ethylene concentration of precooling treatments showed lower than non precooling treatment until 3 days both 5°C and 10°C MA storage. Precooling showed the effect on maintaining visual quality of chicon both 5°C and 10°C MA storage. However, the forced air cooling that showed faster precooling rate did not appeared more precooling effect on the visual quality than room cooling because the fast air flow (6.0 m/sec) of forced air cooling hit directly on chicon outer leaves and might cause physical damage to chicon. Although the forced air cooling showed the effect on maintaining quality of chicon, but additional studies should be needed that investigated proper air flow rate and cooling box structure can prevent physical damage by air flow.

Key words : carbon dioxide, ethylene, forced air cooling, half cooling time, oxygen, room cooling, visual quality

서 론

치콘은 아직 국내에서는 생소한 채소이지만 유럽, 미국 그리고 일본에서는 안전성과 유익한 성분 등으로 많이 소비되고 있다. 치콘은 치커리를 1차 재배하여 수확 후 저장한 뿌리를 활성화시킨 뒤 저온처리를 하고, 다시 16°C 내외의 암실에서 20여일간 2차 재배를 통해 발생하는 작물로서 배추의 속잎과 유사한 새싹이

기 때문에 무농약 재배가 가능하다(Ryder, 1998; Park, 1986). 또한 치콘은 소화제, 이노, 완화제 효능 및 류마티스, 관절염, 통풍의 예방효과가 있으며, 특히 인티빈 성분은 혈관계 질환 및 소화장애 환자들에게 유익한 성분으로 알려져 있다(Park, 1986). 현재 국내에서 재배와 생산 관련 연구(Bae와 Kim, 2005)와 함께 재배 조건이 다른 치콘의 저장성(Kang 등, 2009, 2010), 그리고 갈변 억제 등에 대한 연구가 진행 중이다(Jung 등, 2010). 치콘은 우리나라 신선 농산물의 주요 수출국인 일본이 연간 600여톤 이상을 유럽에서 수입하고 있어(Ryu, 2001), 품질과 저장성이 우수한

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received October 5, 2010; Revised October 24, 2010;
Accepted November 12, 2010

예냉 처리가 치콘의 MA 저장성에 미치는 영향

치콘을 생산 수출한다면 농민들에게 고부가가 가치를 얻을 수 있는 좋은 소득원이 될 수 있을 것으로 기대된다. 모든 원예작물의 수확후 높은 품온은 원예작물의 호흡 등 물질대사율을 증가시키고 호흡열을 발생시켜 많은 에너지를 소모하게 한다(Kader, 2002; Ryall과 Lipton, 1979). 따라서 수확후 대사활동을 저하시키고 노화를 지연시키기 위해서는 온도가 낮을 때에 수확하거나, 수확후 즉시 예냉처리로 호흡열의 제거가 필요하다. 원예작물에 대한 예냉 처리와 이에 대한 효과는 엽채류뿐만 아니라 과실류, 그리고 버섯류에서도 보고되고 있다(Beik 등, 2009; Choi 등, 2000; Lee 등, 2010; Kim 등, 2007; Park, 2003). 그러나 치콘의 경우 치콘 생산용 치커리 뿌리의 초축성 생산을 위한 예냉처리는 보고되었을 뿐(Lip 등, 1989), 치콘 자체에 대한 예냉 관련 연구 보고는 없었다. 치콘은 2차 재배, 즉 생산 조건이 16°C 내외의 시설에서 이루어지기 때문에 년중 수확 직후 일정한 품온을 가지며, 수확방법이 치커리의 뿌리에서 절단하는 방식이기 때문에 수확 중 호흡 등의 생리 대사 활성이 증가하게 되어 예냉이 요구되는 작물이다. 이에 본 연구는 예냉 처리가 MA 저장중인 치콘의 저장성에 미치는 영향을 알아 보고자 수행하였다.

재료 및 방법

강원도 평창에서 6월 하순부터 10월 상순까지 재배한 3가지 품종의 치콘용 치커리(cv. 'Vintor')의 뿌리를 수확하였다. 수확한 치커리 뿌리는 2°C, RH 90% 저장고에 90여일간 저온처리하였으며 이후 16°C에서 20일간 치콘 생산용 전용 양액(KNO₃ 0.8g·L⁻¹, Ca(NO₃)₂ 0.45g·L⁻¹, MgSO₄ 0.3g·L⁻¹, pH 7.0)을 공급하여 치커리 뿌리에서 치콘을 생산하였다.

치커리 뿌리에서 절단한 치콘은 바로 2°C, RH

90% 저장고로 옮긴후 자연예냉과 강제송풍예냉으로 예냉처리하였다. 예냉은 수확한 치콘을 개공율이 50%인 상자에 넣어 2°C, RH 90% 저장고에서 품온이 2±1°C로 저하될 때까지 실시하였는데, 자연예냉방식은 1.0m/sec의 공기유동이 있는 저온고에서 정치하였고, 강제송풍예냉은 6.0m/sec속도의 공기유동을 일으키는 대형팬 앞에 정치하였으며, 대조구는 16°C 치콘 생산 시설에 보관하였다. 처리 중 치콘의 품온 변화는 적외선 온도계(#E-39650-20, Cole Parmer Co., USA)로 1시간 간격으로 품온이 2±1°C로 저하될 때까지 측정하였다.

각 처리 후 치콘은 3개씩 묶어 400g 내외로 하여 기존 보고(Bae 등, 2005)에서 치콘 MA저장에서 가장 우수하였던 필름으로 50µm ceramic film(30cm×20cm)으로 밀봉 포장하여 10°C에서 저장하였다. 저장 기간중 생체중 감소, 포장재내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 농도를 저장 15일 동안 측정하였다. 생체중 감소는 저장 전 중량에 대한 저장 중 감소 정도를 백분율로 나타내었으며 포장재 내부 이산화탄소와 산소가스 농도는 CO₂/O₂ analyzer(CheckMate 9900, PBI Dansensor, Denmark)로 에틸렌 농도는 포장재 내부의 기체 1mL을 채취하여 gas chromatography(GC-2010, SHIMADZU, Japan)로 측정하였다. 외관 품질은 저장최종일에 관능 검사로 조사하였는데 숙련된 5명의 연구원이 1부터 5까지의 등급으로 평가하였다. 외관품질의 등급은 저장 전 가장 좋은 상태를 5, 상품성이 유지한 상태를 점, 완전 폐기 상태를 1점으로 하였다. 통계처리는 Microsoft Excel 2007 program과 SPSS(14.0 version, USA)을 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

치콘의 예냉은 강제송풍예냉처리에 빠르게 진행되어

Table 1. The change of temperature and fresh weight of chicon treated room cooling or forced air cooling in cold chamber at 2±1°C.

	Product temperature (°C) after cooling							Half cool time (min)	Fresh weight loss (%)
	0 hr	2 hr	4 hr	6 hr	8 hr	10 hr	12 hr		
Room cooling	15.1	7.3	5.8	4.3	3.4	2.8	2.4	201	0.79 a ^z
Forced air cooling	15.3	2.4	-	-	-	-	-	77	0.44 b

^zMean separation within raw by DMRT 5%.

품온이 예냉 목표 온도인 $2 \pm 1^\circ\text{C}$ 까지 저하되는데 소요시간이 강제송풍예냉이 자연통풍식의 1/6 수준이었다(Table 1). 큰스타리 버섯의 예냉실험에서도 자연예냉에 비해 송풍예냉이 품온저하가 빠르게 진행되었고 하였다(Beik 등, 2009). 예냉 기간 중 생체중 감소는 강제송풍예냉이 자연통풍에 비해 1.8배 높았는데, 이는 자연통풍식의 예냉시간이 강제송풍예냉보다 6배나 길었지만, 송풍 속도가 강제송풍예냉의 경우 6.0m/sec인 데 반해 자연예냉은 1.0m/sec 이하였기 때문이라 판단된다. 그러나 두 처리 모두 1% 미만의 생체중 감소를 보여 예냉으로 인한 생체중 감소 범위 이내의 감소를 보였다(Kader, 2002). 일반적으로 예냉 효과를 예냉대상작물의 품온이 목표온도의 1/2까지 예냉되는 반냉각 시간으로 비교하는데, 강제통풍식의 경우 6시간 내외이고 차압통풍식이 1시간 내외로 알려져 있다(Jung, 1995; Ryall과 Lipton, 1979). 그러나 본 실험의 반냉각시간은 자연예냉이 3시간 21분, 강제통풍식이 1시간 17분이었다(Table 1). 이와 같이 본 실험에서 반냉각시간이 빨랐던 것은 예냉에 사용한 용기가 사면이 모두 뚫려 개공율이 50%로 공기 유동이 자유로운 수확용 상자였고, 상자를 환줄로만 쌓아 처리하였기 때문이라 생각된다. 실제로 딸기 등에서 예냉상자의 개공율이 증가하면 예냉시간이 짧아진다는 보고되었다(Lee 등, 2010).

일반적인 엽채소의 품질변화를 나타내는 생체중 감소는 3% 내외로 알려져 있는데(Kays, 1991), 저장중 치콘의 생체중은 5°C 와 10°C 저장에서 모든 처리구가 0.5% 미만의 감소로 극히 적었다. 이는 MA 저장의

vapor barrier function 효과(Ben-Yehoshua 등, 1983; Watada, 1997)로 치콘(Bae 등, 2003)에서도 유사한 결과가 보고되었고, 예냉 후 MA 조건에서 저장한 미나리(Choi 등, 2000)는 저장 18일까지 0%의 생체중 감소가 보고되기도 하였다. 또한 예냉처리구의 생체중 감소가 대조구에 비해 적었는데, 예냉시간이 짧았던 강제송풍예냉이 가장 적은 생체중 감소를 보였는데, 나무 딸기(Robbins and Moore, 1992)와 포도(Park, 2003), 큰스타리 버섯(Beik 등, 2009)의 예냉실험에서도 예냉에 의한 생체중 감소 억제 효과 결과가 보고되었다(Fig. 1). 이는 예냉으로 감소한 호흡속도와 증산속도에 의해 저장중 저장산물의 호흡 및 증산작용이 억제되었기 때문이다(Kader, 2002).

저장중 포장재내 이산화탄소와 산소의 농도변화는 5°C 에 비해 10°C 에서 변화폭이 컸는데, 5°C 의 경우 산소농도는 저장 3일 이후 16% 내외를 유지한 반면 10°C 에서는 3일째 14% 이하로 감소하였다. 이산화탄소 농도는 산소농도와 반대로 나타나 10°C 에서 평균 2.5%의 수준을 나타내었다. 예냉처리의 효과는 5°C 에서는 나타나지 않았으나, 저장 9일 이후 10°C 저장에서 대조구의 산소농도 감소와 이산화탄소 농도 증가가 나타났다(Fig. 2). 예냉에 의한 저장산물의 호흡감소는 이미 널리 알려져 있으나(Brosnan과 Sun, 2001), 저온저장의 경우 호흡이 저온에 의해 상당부분 억제되어 대조구와 큰 차이를 보이지 않는다는 보고(Beik, 등, 2009)하였으며, Park(2002)도 저온저장시 예냉에 의한 품질유지 효과는 줄어든다고 하였다. 본 실험에서도 5°C 저장의 경우 대조구와 예냉처리간 포장내 산소와

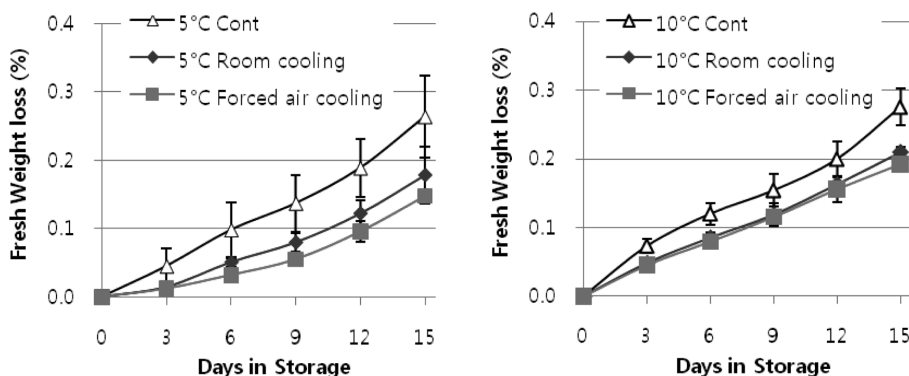


Fig. 1. Fresh weight loss of chicon treated room cooling or forced air cooling and packaged with 50 μm ceramic film during MA storage at 5°C and 10°C . Vertical bars on the figure indicate standard errors.

에너지 처리가 치콘의 MA 저장성에 미치는 영향

이산화탄소의 농도차이는 나타나지 않았으며, 10°C에서는 에너지에 의한 저장산물의 호흡속도 감소효과가 나타났다. 또한 에너지방법별로도 자연에너지에 비해 강제송풍에너지에서 저장 중 호흡억제 효과가 크게 나타났

다(Fig. 2).

저장중 포장재내 에틸렌 농도도 저장온도가 높은 10°C에서 높은 수준을 보였는데, 특히 저장 9일 이후 급격한 증가를 보였으며 두 저장온도 모두에서 저장 3

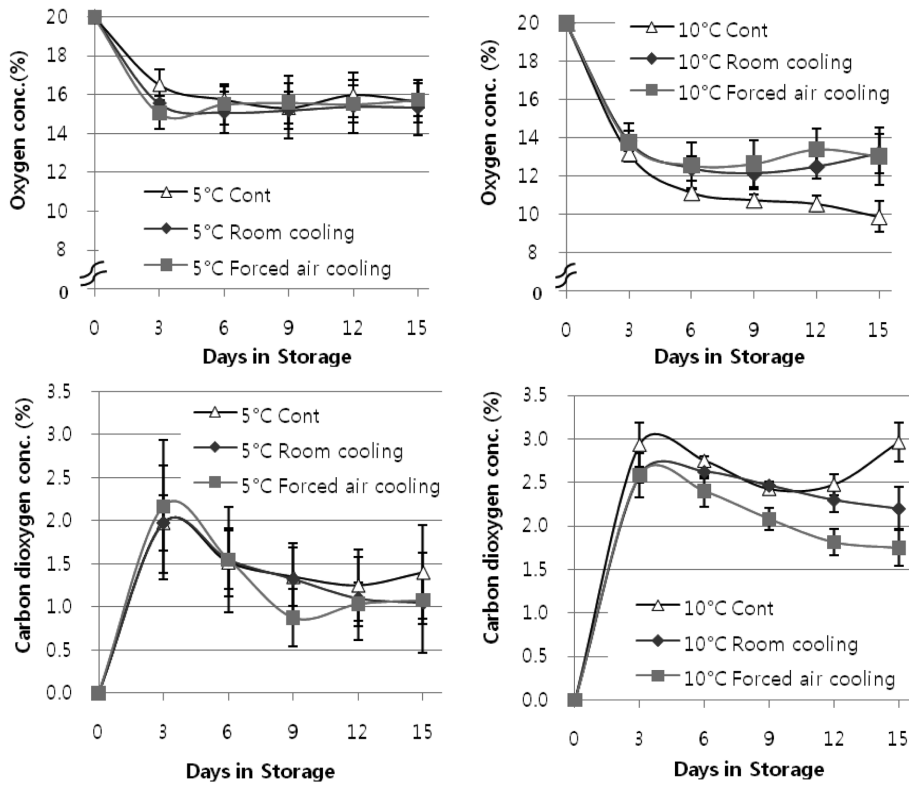


Fig. 2. Oxygen and carbon dioxide concentrations inside 50 μm ceramic film packages during MA storage at 5°C and 10°C of chicon treated room cooling or forced air cooling. Vertical bars on the figure indicate standard errors.

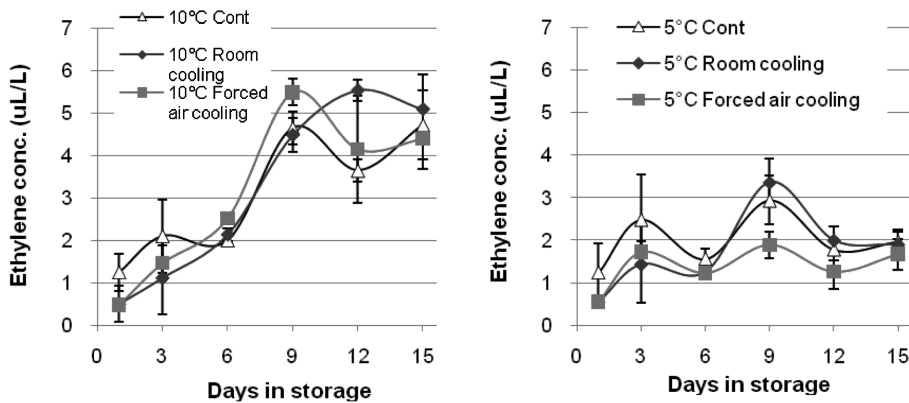


Fig. 3. Ethylene concentrations inside 50 μm ceramic film packages during MA storage at 5°C and 10°C of chicon treated room cooling or forced air cooling. Vertical bars on the figure indicate standard errors.

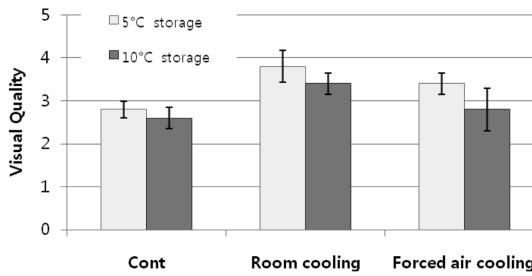


Fig. 4. Visual quality of chicon treated room cooling or forced air cooling and packaged with 50 μm ceramic film in 15 days after storage at 5°C and 10°C. Vertical bars on the figure indicate standard errors.

일까지 대조구에 비해 예냉처리에서 다소 낮은 에틸렌 농도를 보이다가 저장 6일부터는 처리간에 차이를 보이지 않았다(Fig. 3). 예냉은 저장산물의 품온저하를 통해 호흡속도와 함께 에틸렌 발생율도 저하시키는데 (Kader, 2002), 본 실험에서도 초기에 대조구보다 다소 낮은 에틸렌 농도를 보여 이러한 효과가 인정되었다. 그러나 저장이 진행되면서 포장재의 에틸렌 투과율과 치콘의 낮은 에틸렌 발생률에 의해 포장재내 농도에는 차이가 없어진 것으로 판단되었다. 치콘의 에틸렌 발생율은 0°C에서는 0.1μl/kg·hr, 10°C에서도 0.2μl/kg·hr로 매우 낮은 수준이다(Cantwell과 Suslow, 2009).

저장 15일째 조사한 외관상 품질은 5°C와 10°C 모두에서 대조구에 비해 예냉처리구에서 높게 유지되었는데(Fig. 4), 미나리(Choi 등, 2000), 포도(Park, 2003) 등의 예냉실험에서도 유사한 결과가 보고되었다. 저장 15일째 외관상 품질 저하 요인은 외엽의 부패와 색변화였는데, Cantwell과 Suslow(2009)는 치콘은 장기 저온 저장중 에틸렌에 노출되면 부패나 색변화가 가속화 된다고 하였다. 본 실험에서도 외관상 품질이 저장중 에틸렌 농도가 높았던 10°C에서 5°C에 비해 크게 저하된 것으로 보아 에틸렌에 의해 부패촉진이 치콘의 외관상 품질 저하 요인 중 하나였을 것이라 판단되었다(Fig. 3, 4). 기존의 보고에서는 예냉기간이 짧을수록 저장산물의 품질이 높게 유지된다고 하였으나(Brosnan과 Sun, 2001), 본 실험에서는 예냉기간이 훨씬 짧았던 강제송풍예냉에서 품질저하가 자연예냉보다 더 컸는데 이는 6.0m/sec의 강한 송풍으로 치콘의 외엽 일부가 물리적 상처를 입었기 때문이라 판단된다. 이 수준은 기존의 양상추의 예냉의 풍속에 해당되지만

(Jung, 1995), 본 실험의 경우 예냉상자의 개공율이 50%를 넘어 송풍에 의한 물리적 상처가 있었던 것으로 보인다. Lee 등(2010)도 예냉상자의 개공율에 따른 예냉효과 연구에서 딸기의 부패율이 20% 개공된 예냉상자보다 15% 개공된 예냉상자처리에서 높았다고 하였다. 따라서 치콘의 경우도 개공율을 낮추면 예냉시간은 길어졌지만 과도한 개폐에 의한 물리적 상처를 줄일 수 있을 것으로 기대되므로 이에 대한 세부 실험을 추가로 진행이 필요하다고 판단된다.

적 요

본 연구는 예냉처리가 치콘의 MA저장에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 치콘의 예냉은 강제송풍 예냉처리에 빠르게 진행되어 품온이 예냉 목표 온도인 2 ± 1°C까지 저하되는데 소요시간이 강제송풍예냉이 자연통풍식의 1/6 수준이었다. 반냉각시간은 자연예냉이 3시간 21분, 강제통풍식이 1시간 17분이었다. 저장중 치콘의 생체중은 5°C와 10°C 저장에서 모든 처리구가 0.5% 미만의 감소로 극히 적었으며 예냉시간이 짧았던 강제송풍예냉이 가장 높게 유지되었다. 저장중 포장재내 산소와 이산화탄소 그리고 에틸렌의 농도변화는 5°C에 비해 10°C에서 변화폭이 컸다. 예냉에 의한 호흡 억제 효과는 5°C에서 나타나지 않았으나, 10°C에서 저장 9일 이후 대조구보다 낮은 이산화탄소와 높은 산소 농도로 확인되었다. 에틸렌은 예냉처리구가 저장 3일까지 대조구에 비해 다소 낮았으나 저장 6일부터는 처리간에 차이를 보이지 않았다. 저장 15일째 조사한 외관상 품질은 5°C와 10°C 모두에서 대조구에 비해 예냉처리구에서 높게 유지되었는데, 예냉처리별로는 예냉기간이 훨씬 짧았던 강제송풍예냉에서 품질저하가 자연예냉보다 더 컸다. 이는 6.0m/sec의 강한 송풍으로 치콘의 외엽 일부가 물리적 상처를 입었기 때문이라 판단되어 송풍속도 등에 대한 세밀한 추가 실험이 요구된다.

주제어 : 강제송풍예냉, 반냉각시간, 산소, 에틸렌, 외관상 품질, 이산화탄소, 자연예냉

사 사

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업으로 진행

되었으며, 농촌진흥청 지역특화기술개발과제의 지원으로 수행되었음.

인 용 문 헌

- Bae, J.H. and W.B. Kim. 2005. Effects of blanching culture days on the growth and quality of chicon. Journal of Bio-Environment Control 14:114-118 (in Korean).
- Bae, J.H., K.W. Park, and H.M. Kang. 2005. Effects of packing materials, light condition and storage temperature on MAP storage of chicon. Journal of Bio-Environment Control 14:69-75 (in Korean).
- Beik, K.Y., Y.K. Lee, J.W. Kim, I.S. Park, and S.D. Kim. 2009. Effects of vacuum precooling on shelf life of *Pleurotus eryngii* during PE packaging storage. Korean J. Food Preserv. 16:166-171 (in Korean).
- Ben-Yehoshua, S., B. Shapiro, Z.E. Chen, and S. Lurie. 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell-pepper fruits by alleviation of water stress. Plant Physiol. 73:87-93.
- Brosnan, T. and D. Sun. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products - a review. Int. J. Refrigeration 24:154-170.
- Cantwell, M. and T. Suslow. 2009. Belgian Endive (witloof chicory). In Recommendations for maintaining postharvest quality. Produce/ProduceFacts/Veg/belgian_en.shtml.
- Choi, D.J. C.B. Kim, S.H. Lee, J.T. Yoon, B.S. Choi, and H.K. Kim. 2000. Effects of precooling and packaging film materials on quality of water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC.) at low temperature storage. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:379-382 (in Korean).
- De Proft, M., J. De Greek, K. Van Nerum, and G. Goffings. 1986. Ethylene in the Production of Belgian endive. HortScience 21:1132-1133.
- Herregods, I.R. M. 1971. The Effect of some factors on witloof during storage. Acta Hort. (ISHS) 20:36-42.
- Jung, E.C. 1995. The precooling and related technology of fruits and vegetables. Korean J. Food Preserv. 2:303-313 (in Korean).
- Jung, H.J., T.J. Yoo, J.S. Son, and H.M. Kang. 2010. Various chemical treatments for browning prevention of the cutting plane of chicon. Journal of Bio-Environment Control 19(2):264-265 (Abstract).
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. University of California, Oakland, CA.
- Kang, H.M., H.S. Kim, H.T. Seo, and J.H. Won. 2009. A comparison of storability of several cultivars chicon grown in different regions. Journal of Bio-Environment Control 18:291-296 (in Korean).
- Kang, H.M., H.T. Seo, J.H. Won, H.S. Kim, and I.S. Kim. 2010. The effect of cultivars, cultivation periods and regions of chicory on the storability of chicon during MA storage. Journal of Bio-Environment Control 19:109-116 (in Korean).
- Kim, B.S., S.Y. Park, M.S. Jang, and A.S. Kwon. 2007. Effect of prolongation by precooling treatment and improved packing of mushrooms (*Agaricus bisporus*). Korean J. Food Preserv. 14:109-112 (in Korean).
- Lee, H.J. Seo, J. Choi, K. Lee, and M. Jeong. 2010. Effect of plastic container vent ratio on strawberry quality during precooling and storage. Korean J. Food Preserv. 17:581-585 (in Korean).
- Lips, J., W. Cappelle, and R. Moermans. 1989. Precooling or an artificial stimulation of the maturation process of witloof-roots (*Cichorium intybus* L. var. foliosum) for early forcing. Acta Hort. (ISHS) 258: 503-512.
- Park, K.W. 1986. Western vegetable. Korea Univ. Publishing. Seoul. Korea.
- Park, S. 2003. Storage enhancement of grape through precooling process. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 1093-1097 (in Korean).
- Park, Y.M. 2002. Effect of precooling and modified atmosphere packaging on the fruit quality changes of mid-season nectarines during short-term storage and marketing. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:512-516.
- Robbins, J. and P. Moore. 1992. Fruit quality of stored, fresh red raspberries after a delay in precooling. Hort-Technology 2:468-470.
- Ryall, A.L. and W.J. Lipton. 1979. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. vol. 1. AVI, Westport.
- Ryder, E.J. 1998. Lettuce, endive and chicory. CABI Publishing (in UK).
- Watada, A.E. 1997. Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. Foods and Biotechnol. 6:229-233.