

플라스틱 컨테이너 상자의 개공율에 따른 딸기의 예냉 및 저장효과

이호준¹ · 서정아¹ · 최정희¹ · 이강대² · 정문철^{1*}

¹한국식품연구원, ²연세대학교

Effect of Plastic Container Vent Ratio on Strawberry Quality during Precooling and Storage

Hojoon Lee¹, Jeongah Seo¹, Jeonghee Choi¹, Kangdae Lee² and Mooncheol Jeong^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

²Yonsei University, Wounju 220-710, Korea

Abstract

The effects of plastic container vent ratio on fruit quality during strawberry precooling and storage were analyzed. Plastic containers (520 mm × 355 mm × 182 mm) were manufactured with bottom and side vents at areal ratios of 5%, 10%, 15% and 20%. Fruit was loaded at a volume ratio of 80% prior to pressure cooling and storage at 5°C. The internal fruit temperature was 18°C and the times taken to attain 2°C after precooling were 1 hour 9 minutes, 1 hour 13 minutes, 2 hours 2 minutes, and 2 hours 51 minutes at vent ratios of 20%, 15%, 10%, and 5%, respectively. To mimic the current distribution system, pre-cooled strawberries were packaged in tray wrapping and stored at 5°C. Changes in weight, bruising, extent of decay, and firmness, were measured. Weight loss, bruising, and decay were highest at a vent ratio of 20%, lowest at a vent ratio of 15%, and moderate at vent ratios of 5% and 10%. No significant among-treatment difference in fruit firmness was evident.

Key words : vent ratio, plastic container, strawberry, precooling

서 론

딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.)는 수확 후 급속한 생리 대사와 연약한 조직특성으로 인하여 수확 후 즉시 고유의 풍미를 소실하고 짓무름 및 공팡이 발생으로 출하 후 소비 단계까지 다른 원예 과실에 비하여 저장수명이 매우 짧은 특성을 갖고 있어, 선도유지가 어려운 품종에 속한다(1).

딸기의 선도유지를 위한 국내외 연구로서는 예냉(2,3), 코팅(4,5), 열처리(6,7), 방사선조사(8), 가스처리(9,10), CA(11) 및 MA(12) 저장 등 수확 후 처리기술들이 진행되어 왔으나 국내 현장에서 진행되고 있는 방법은 대부분 차압예냉 기술에 국한되어 있다. 예냉이란 개념은 1904년 USDA의 Powell 등에 의하여 도입되기 시작하여, 갓 수확한 농산물을 저장이나 수송하기 직전 포장열(field heat)을 제거함으로써 대

사 작용을 지연시켜 신선도를 유지하는 효과가 보고(13)되고 있다. 특히 저장 및 수송 직전에 실시되는 예냉 작업은 딸기의 경우 냉각과정이 보통 3~4시간이 소요되므로 일부 농가 및 농업단체에서는 예냉 작업을 생략하는 경우가 발생하기도 한다. 이는 대량으로 단기간에 집중 수확되는 농산물의 특성을 현 수확 후 유통기술과 방법들이 충분히 고려하지 못함을 의미하며, 처리시간의 지연은 경제적 손실을 의미하므로 보다 신속한 작업방법이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 연약한 조직특성으로 인하여 유통 관리가 어려운 딸기를 대상으로 하여 차압예냉 속도를 증진시키기 위한 방법의 하나로서, 산지에서 농산물의 수집 및 출하과정에 많이 이용되고 있는 플라스틱 상자의 개공율을 변화시킴으로써 예냉 속도 및 그 효과에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

*Corresponding author. E-mail : mcjeong@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9143, Fax : 82-31-950-9254

재료 및 방법

재료

딸기는 2010년 4월 15일 충남 논산시 상월면 산지에서 채취 직후의 설향 품종을 연구원으로 수송하여 사용하였다.

플라스틱 컨테이너 상자의 개공을 조절

컨테이너 상자(520 mm×355 mm×182 mm, 개공율 22.63%)의 통기공을 알루미늄 테이프를 이용하여 서로 마주보는 면의 통기공을 엇갈리게 막아 4가지 서로 다른 개공율(20%, 15%, 10%, 5%)을 가진 플라스틱 컨테이너 상자를 제작하여 실험에 사용하였다.

차압예냉 및 저장방법

예냉 처리는 상자 적재에 의한 압상을 방지하기 위하여 플라스틱 상자 높이의 80%수준까지 약 8 kg을 각각 적재한 후 1℃ 냉기를 이용하여 최종 품온이 2℃ 이하로 내려갈 때까지 차압예냉을 실시한 다음 현 유통방법에 따라 딸기용 PP 용기(16.7 cm×11.5 cm×7.5 cm, 두께 0.8±0.012 mm)에 포장하여 5℃에 저장하였다. 예냉 특성은 차압예냉기(냉각 능력:25.98 kW, 차압팬용량:2.5 m³/s, 4.4 kW)를 이용하였고, 이 때 냉기의 온도는 1℃이었으며 1회 예냉처리 용량은 3,000 kg/batch이었다.

품질분석방법

중량 감소율은 저장초기의 중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로, 부패율은 짓무름과 곰팡이가 발생한 개수를 전체 개수에 대한 백분율(%)로 나타내었으며, 플라스틱상자와 PP용기별 각각 3반복 평균치로 나타내었다. 경도 측정은 랜덤 샘플링한 시료의 중간 부분을 Texture Analyzer (Model TA-XT2, Stable Micro System, UK)를 사용하여 15반복 평균치로 나타내었다. 측정조건은 지름이 3 mm인 stainless steel rod형의 probe를 사용하여 이동속도를 10.0 mm/sec로 고정하였고, return to start test를 실시하여 90% 압축시 최초의 최대값을 취하였다.

결과 및 고찰

예냉특성 및 예냉 중 중량감소율 변화

초기 품온 16.1~19.7℃의 딸기를 개공율이 다른 플라스틱 상자에 적재한 다음 2℃의 종료온도에 도달할 때까지 차압예냉을 실시한 후 예냉 소요시간과 예냉 중의 중량 감소율을 조사한 결과는 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

냉각 소요시간은 개공율의 정도에 따라 극명한 차이가 있었으며, 개공율이 높을수록 예냉 소요시간도 적게 나타

났다. 특히 20% 개공율 처리구의 예냉 소요시간은 1시간 9분으로 15%의 1시간 13분과 유사하였으나 10%의 개공율 처리구의 약 1/2수준이었으며 5% 개공율 처리구의 약 1/4수준이었다. 이러한 개공율 증대에 따른 냉각속도의 단축은 골판지 상자의 개공율을 달리한 냉각속도 실험결과(14)와 동일한 경향이였다.

플라스틱 상자의 개공율 비율에 따른 예냉 중 중량 감소율의 경우 10~20%의 개공율 처리구에서는 개공율의 차이와 관계없이 0.22~0.29%로 유사하였으나 5%의 개공율 처리구에서는 0.48%의 중량 감소율로 가장 높게 나타났다.

Table 1. Changes of weight loss of strawberry by vent ratio of plastic container after precooling

Vent ratio	20%	15%	10%	5%
Initial internal temperature(℃)	19.73	19.71	17.21	16.1
Time to reach at 2℃	1 hr 9 min	1 hr 13 min	2 hr 2 min	2 hr 51 min
Weight loss(%)	0.275	0.215	0.29	0.48

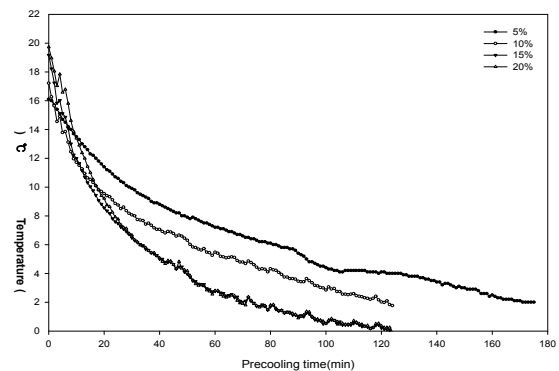


Fig. 1. Temperature changes of strawberry during pressure cooling with different vent ratio of plastic containers

예냉 후 저장 중 중량감소율 변화

예냉 후 PP 용기에 담아 5℃에 저장한 딸기의 중량 감소율은 Fig. 2에서 같이 저장 종료시점인 12일차 8.4~12.6%로 증가하는 수준이었다. 감소율의 증가속도는 개공율 15% 처리구가 가장 낮았으며 10%와 5%는 유사한 값으로 중간적인 수준인 반면 개공율 20% 처리구가 가장 높은 중량감소율 증가속도를 나타내었다.

일반적으로 신선 과·채류의 예냉 작업은 품온 강하에 의한 호흡 및 증산 등의 대사 작용을 억제함으로써 중량 감소율을 억제하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 20%의 개공율 상자에 충전한 딸기를 예냉한 후 5℃에 저장하였을 때 냉각속도는 빠르나 중량 감소율이 높게 나타난 원인은 통기공의 특성에 의한 영향으로 판단된다. 즉, 적재된 산물의 예냉 중 기류흐름경로는 여러 요인들 중에서도 용기의 통기공에 형성된 분압차와 공극율에 영향을 받는데(15),

일반적으로 기류는 저항이 약한 방향 즉, 빈 공간으로 통과하는 경향을 가지며 이 때 기류가 통과하지 않는 구석부위와 같은 dead-zone이라고 불리는 일종의 back-mixing 효과가 종종 발생하여 냉각효율을 저하시키는 작용을 한다고 보고한 Alvarez 등의 결과(16)에 근거하는 것으로 판단된다. 또한 5%와 10% 개공율 상자가 15% 개공율 상자보다 중량 감소율이 높게 나타난 원인은 윤 등(17)의 연구결과에서 판단될 수 있었다. 즉, 압력에 의한 강제대류순환 장치 내에 다공성의 플라스틱 상자를 배치할 경우 동일 공기압에서 상자의 양면이 일종의 압력관 역할을 하는데, 상자의 통기공 수나 양이 적을 경우에는 통기공을 통과하는 풍속이 빠르고 직진성이 강하여 통기구 주위로의 냉각공기의 확산이 원활히 일어나지 않고 배출되기 때문에 냉각소요시간의 현저한 증가(17) 및 냉각효율 감소로 귀결되는 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과로 인해 윤 등(17)은 차압예냉 효과를 얻을 수 있는 최대 개공율은 약 10%로 추정하였으나, 상자의 재질, 통기공의 형태 및 크기 등의 차이에 의해 본 연구에서는 15%의 개공율이 10%보다 우수한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

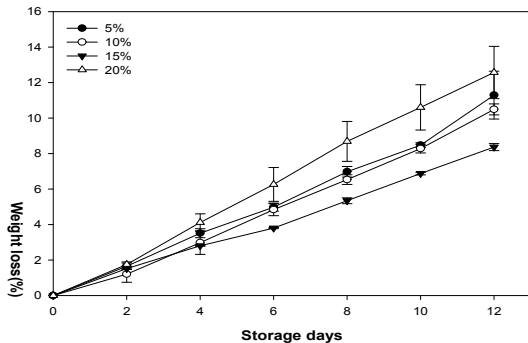


Fig. 2. Changes in weight loss of strawberry during storage 5°C after pressure cooling with different vent ratio of plastic containers

예냉 후 저장 중 부패율 변화

딸기의 부패율은 Fig. 3과 Fig. 4에서와 같이 표면의 짓무름과 곰팡이 발생률로 구분하여 측정하였다. 딸기 표면의 짓무름은 수확 시점부터 물리적인 과육의 인위적인 접촉을 최대한 배제하였고 또한 예냉 완료 후 짓무름이 발생한 시료를 제외하고 선별하여 포장하였음에도 불구하고, 모든 처리구에서 짓무름 발생률이 저장기간 1~2일 후에 6.3~29.2% 발생하였다. 상자의 개공율에 따른 짓무름 발생률은 저장 2일 후 20% 개공율 처리구의 경우 29.2%로 가장 높았고 그 다음으로는 10% 개공율 처리구가 13.9%이었으며 5%와 15%의 개공율 처리구에서는 6.3~6.8%로 유사한 수준이었고, 저장 중 짓무름 발생률의 증가경향도 이와 유사한 경향이였다. 특히 20% 개공율 처리구에서 짓무름 발생률이 높게 나타난 원인은 중량 감소율에서 서술한 바와

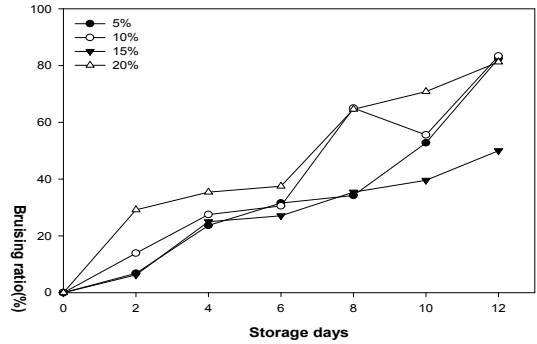


Fig. 3. Changes in bruising ratio of strawberry during storage 5°C after pressure cooling with different vent ratio of plastic containers

같이 높은 개공율에 따른 냉각효율의 저하(16)특성으로 판단되며 10%와 5% 개공율 처리구가 15% 개공율 처리구보다 높은 이유도 낮은 개공율에 따른 효율감소의 영향으로 판단될 수 있다. 이러한 경향은 Fig. 4의 곰팡이 발생률에서도 발견되어지는데, 저장 8일경 20% 개공율 처리구부터 곰팡이가 발생되기 시작하여, 저장 10일에는 5~10%의 개공율 처리구에서 그리고 저장 12일경에는 15%의 개공율 처리구에서 예냉한 딸기가 곰팡이의 발생으로 상품성을 완전 소실하는 결과와도 잘 일치하고 있다.

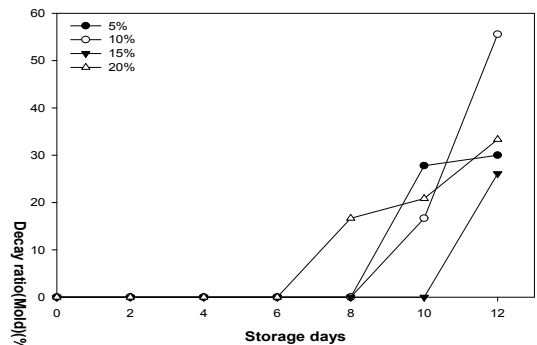


Fig. 4. Changes in decay ratio of strawberry during storage 5°C after pressure cooling with different vent ratio of plastic containers

예냉 후 저장 중 경도 변화

또한 예냉에 의한 대표적인 효과는 대사 작용 억제에 의한 선도연장과 냉각과정에서의 표면수의 급속한 증발로 인한 표면경도 증대효과가 보고(18)되고 있다. 플라스틱 상자의 개공율에 따른 딸기의 예냉 후 경도의 변화를 조사한 바, 그 결과는 Fig. 5와 같다. 예냉이 완료된 딸기의 저장 중 경도변화는 Nunes 등(3,18)의 보고에서와 같이 저장 중 감소하는 경향이였으며 개공율에 따른 경도변화는 5%의 개공율 처리구의 딸기가 가장 높은 경도값을 나타내었으며 15%와 20%의 개공율 처리구가 낮은 경도값의 분포를 보였으나 처리구간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

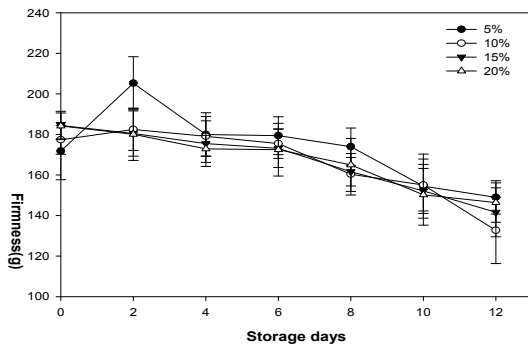


Fig. 5. Changes in firmness of strawberry during storage 5°C after pressure cooling with different vent ratio of plastic containers

요 약

플라스틱 컨테이너의 통기공 비율에 따른 딸기의 예냉 효과와 저장 중 품질비교를 위하여 플라스틱 컨테이너(520 mm×355 mm×182 mm)의 하단부와 양측면부의 면적당 통기공 비율을 5%, 10%, 15%, 20%로 제작하여 컨테이너 당 80%의 체적비율로 적재한 후 차압예냉을 실시하고 5°C에서 현 포장방법에 의거한 저장실험을 수행하였다. 딸기의 예냉 전 품온은 평균 18°C였으며, 목적 품온 2°C에 도달하는 시간은 처리구별로 20%는 1시간 9분, 15%는 1시간 13분, 10%는 2시간 2분 5%는 2시간 51분이 소요되었다. 예냉이 완료된 딸기는 PP 용기에 포장하여 5°C 저장에 저장하면서 중량감소를, 짓무름, 곰팡이 발생률 및 표면경도를 측정하였다. 중량감소율, 짓무름 발생률 및 부패율은 20% 개공을 처리구가 가장 높았던 반면 15% 개공을 처리구가 가장 낮았으며 5%와 10% 개공을 처리구는 중간적인 수준을 유지하였고, 표면경도에서는 처리구간 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

1. Yang YJ, Lee KA. (1999) The Changes of acetaldehyde, ethanol and firmness during CA storage of strawberries. *J. Korean Soc. Hort. Sci.*, 40, 303-305
2. Pérez AG, Olías R, Olías JM, Sanz C. (1998) Strawberry quality as a function of the 'high pressure fast cooling' design. *Food Chem.*, 62, 161-168
3. Nunes MCN, Brecht JK, Sargent SA, Morais AMMB. (1995) Effect of delayed to cooling and wrapping on strawberry quality. *Food Control*, 6, 323-328
4. Pilar HM, Eva A, Valeria DV, Dinoraz V, Rafael G. (2008) Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x*

- ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem.*, 100, 428-435
5. Vargas M, Albors A, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C. (2006) Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biol. Technol.*, 41, 164-171
6. Gustavo AM, Pedro MC. (2008) Effect of heat treatments on gene expression and enzyme activities associated to cell wall degradation in strawberry fruit, *Postharvest Biol. Technol.*, 49, 38-45
7. Lara I, Garcia P, Vendrell M. (2006) Post-harvest heat treatments modify cell wall composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Sci. Hortic.*, 109, 48-63
8. Ouattara B, Sabato SF, Lacroix M. (2002) Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods. *Radiat. Phys. Chem.*, 63, 305-310
9. Pelayo C, Ebeler SE, Kader AA. (2003) Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air+20 kPa CO₂. *Postharvest Biol. Technol.*, 27, 171-183
10. Harker FR, Elgar HJ, Watkins CB, Jackson PJ, Hallett IC. (2000) Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biol. Technol.*, 19, 139-146
11. Kim JG, Hong SS, Jeong ST. (1998) Quality changes of "Yeobong" strawberry with CA storage conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 871-876
12. Kim JK, Moon KD, Sohn TH. (1993) Effect of PE film thickness on MA(Modified Atmosphere) storage of strawberry. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 22, 78-84
13. Brosnan T, Sun D. (2001) Precooling techniques and applications for horticultural products-a review. *Int. J. Refrigeration*, 24, 154-170
14. Lee WO, Yun HS, Chung H, Cho KH, Hong YP, Kim MS. (2001) Development of a carton box for cold-chain distribution of strawberry. *Korean Soc. Agric. Mach.*, 273-279
15. Vigneault C, Castro LR, Gautron G. (2004) Effect of the presence of openings as container handles on cooling efficiency of horticultural produce. *ASAE paper No.* 04-6105
16. Alvarez G, Flick D. (1999) Analysis of heterogeneous cooling of agricultural products inside bins. Part I: aerodynamic study. *J. Food Eng.*, 39, 227 - 237
17. Yun HS, Park KK. (1997) Cooling characteristics of fruits and vegetables for pressure cooling. *Korean J. Post-*

harvest Sci. Technol. Agric. Products, 4, 237-243
18. Nunes MCN, Brecht JK, Morais AMMB, Sargent SA.
(1995) Physical and chemical characteristics of strawberries

after storage are reduced by a short delay to cooling.
Postharvest Biol. Technol., 6, 17-28

(접수 2010년 5월 6일, 수정 2010년 9월 15일 채택 2010년 9월 17일)