

차압예냉처리가 쓰가루사과의 선도유지에 미치는 효과

김병삼 · 김의웅 · 김동철
한국식품개발연구원

Freshness Prolongation of 'Tsugaru' Apple by Pressure Cooling

Byeong-Sam Kim, Woi-Oong Kim and Dong-Chul Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of precooling on the prolongation of freshness of Tsugaru apple. Tsugaru apple was precooled to 1°C by the pressure cooler and stored at 1°C and 25°C. Precooling time was required about 5 to 6 hours for Tsugaru apple that filled in the plastic container and faster than that in the carton. The respiration rate was decreased with the reduction of the product temperature by precooling. Tsugaru apple could store about 9 days and 35 days at room temperature and 1°C, respectively.

Key words : apple, pressure cooling, precooling

서 론

국내에서 재배되고 있는 사과는 10월 상순에서 11월 초에 수확되는 만생종 품종인 '후지'가 70% 이상으로 주종을 이루고 있으며, 8월 중순에서 9월 초순까지 수확되는 조중생 품종은 '쓰가루'가 대표적 품종이라고 할 수 있다(1). 이 '쓰가루'는 일본 아오모리현 사과시험장에서 골든 데리셔스(Golden delicious)와 불명품종을 교배하여 육성한 품종으로 과실의 모양은 원형 또는 장원형이며 빛깔은 황록색 바탕에 붉은빛의 굵은 줄을 띠며 평균 무게는 250g 정도이다. 과육은 황백색으로 과즙이 많으며 당도는 약 14°Brix로서 신맛이 적고 품질이 우수하지만 저온 저장하더라도 감량이 많고 조직감이 저하되는 등 품질 저하가 심해 저장성이 낮은 단점이 있다(2).

사과의 수확후 품질 유지를 위한 연구로는 적기 수확에 의한 저장성 증진에 관한 연구(3,4)를 비롯해

고농도의 이산화탄소와 저농도의 산소가 유지되는 CA(controlled atmosphere)저장(5), 첨가물을 이용하여 포장필름 내의 공기조성을 짧은 시간내에 고이산화탄소와 저산소 상태로 만드는 방법에 대한 연구(6, 7), 피막제 처리(8,9), AVG처리(10) 등 많은 연구 보고가 있다. 그러나 지금까지 개발된 저장 기술중 가장 보편적인 방법은 0°C 부근에서 저온저장하는 방법으로 여기에 85~90%의 상대습도와 가스환경을 조절해주는 CA저장이 '후지' 사과를 비롯한 일부 품목에 대하여 적용되고 있는 실정이다.

일반적으로 사과와 같은 신선 청과물은 수확한 후에도 호흡, 증산, 에칠판 생성과 같은 생명활동을 지속적으로 유지하게 되며 이러한 현상들은 대부분 주위 환경 온도에 지배적으로 영향을 받게 된다. 특히 쓰가루 사과와 같이 여름철에 수확되는 청과물은 외기의 온도가 30°C 이상으로 높아서 이러한 생명활동이 왕성하게 되며 그 결과 성분 분해에 따른 품질 저하가 가속되게 된다. 따라서 수확후 가능한한 빨리 품온을 낮추어 호흡작용을 비롯한 생리작용을 저하시킬 필요가 있는데 이러한 작용을 예냉(precooling)이라고 한다(11).

Corresponding author : Byeong-Sam Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun, Bundang, Sungnam, Kyonggi, 463-420, Korea

예냉방법으로는 냉각매체에 따라 공기냉각(air cooling), 진공냉각(vacuum cooling), 냉수냉각(hydrocooling)방식으로 크게 나눌 수 있으며, 공기냉각 방식에는 실내냉각(room cooling), 강제통풍(forced air cooling) 및 차압예냉(pressure cooling) 등이 있다. 실내예냉(또는 통풍예냉)은 일반 저온저장고를 사용하는 방식으로 구조가 간단하고 조작에 특별한 기술을 필요로 하지 않기 때문에 예냉이 도입된 초기에 사용된 방법이나 냉각속도가 지극히 느리고 하루 이상의 예냉 시간이 필요하기 때문에 예냉중에 품질저하를 일으킬 우려가 있는 산물에는 적당치 않은 단점이 있어 최근에는 본격적인 예냉장치로는 별로 이용되고 있지 않다. 강제통풍예냉은 냉각속도가 느린 실내예냉의 단점을 보완하기 위해 냉풍량을 증가시켜 보다 큰 냉각속도를 얻도록 하는 타입으로 통풍예냉에 비해서는 큰 냉각속도를 얻지만 여전히 예냉시간은 10~15 시간으로 장시간을 요하고 냉기의 흐름에 대해 불균일을 일으켜 적재방법에 따라 냉각편차가 발생하기 쉬운 단점이 있다. 따라서 위의 두가지 예냉방식의 단점을 보완하기 위해 골판지상자 등의 용기로 포장된 산물의 냉각시 냉기를 용기에 설치한 통기공을 통하여 용기내로 강제적으로 도입하고 산물과 직접 전달시켜 냉각속도를 크게한 방식으로 차압예냉방식이 있다. 이 방식은 예냉 시간이 2~5시간 정도로 짧으면서도 온도편차가 적어 청과물의 표면결로가 발생하지 않고, 최적 통풍속도시 강제통풍방식에 비해 에너지를 절약할 수 있는 장점으로 최근 공기예냉방식의 주류를 이루고 있다(11).

따라서 본 연구에서는 수확후 선도저하가 빠른 쓰가루 사과의 선도유지를 위해 수확후 바로 1°C까지 예냉처리한 다음 저장함으로서 저장성이 취약한 쓰가루 사과의 저장기간을 연장시킬 수 있는 방법을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 사과(Tsugaru apple)는 충북 중원군 가금면 창동리에서 1996년 8월 30일 오전 8~10시경에 수확한 것을 바로 경기도 성남시 소재 한국식품개발연구원 예냉실로 옮겨 시험에 사용하였다.

예냉 및 저장

사과는 실험실로 옮긴 직후(2시간 이내) 예냉구와 비예냉구로 나누어 처리하였다. 예냉구는 특별히 제

작된 골판지 상자(Fig.1)와 플라스틱 콘테이너 박스(550L × 360W × 310H mm)에 담아 중앙흡인식 차압예냉장치(냉각능력 31,400kJ/hr, 차압회전력 70m/min, 50mmAq)를 이용하여 1°C까지 냉각을 행하였다. 예냉을 마친 사과는 1°C와 상온(25°C)에서 저장을 행하였다. 비예냉구의 경우는 예냉구의 예냉 처리가 끝난 후 통기공이 없는 골판지 박스와 플라스틱 콘테이너 박스에 담아 1°C와 상온(25°C)에서 저장하였다.

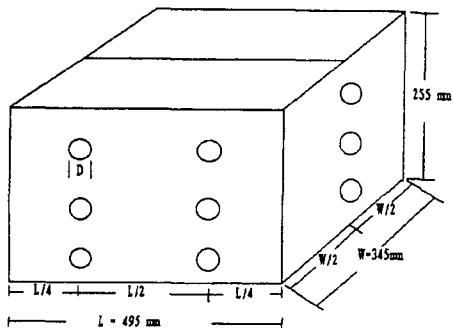


Fig. 1. Schematic diagram of carton for precooling.

온도 측정

사과의 품온측정은 사과 높이의 1/2에 위치한 표면에서 횡방향으로 표면에서부터 사과중심까지 거리의 약 3/4의 지점에 열전대(C-C thermocouple)를 삽입한 후 실리콘 접착제로 표면의 접촉부분을 밀봉한 다음 폴리 프로필렌 접착 테이프로 재밀봉하여 외부 공기의 영향을 배제시킨 후 Data logger(Digi 4 Plus, KAYE, USA)로 연속 측정하였다.

호흡속도

사과의 호흡속도는 Couture 등(12)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 김 등(13)이 행한 바와 같이 별도로 제작한 아크릴 용기에 일정량의 사과를 담고 일정 간격으로 포집한 가스를 Table 1과 같은 조건으로 가스크로마토그라프(Shimadzu GC-15A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 정량 분석하였다.

Table 1. Operating conditions of GC for analysis of respiratory gas of Tsugaru apple

Column	Carbosieve S-II(80-100mesh)
Operation	35°C/6min - 32°C/min - 225°C/6min
Carrier gas	Helium
Detector	TCD
Injector temp.	230°C
Detector temp.	250°C

중량변화

저장기간중 사과의 중량변화(감모율)는 저장기간중 상자 단위로 중량변화를 측정하여 초기 중량에 대한 중량감소를 다음과 같이 환산하여 나타내었다.

$$\text{Rate of weight retention}(\%) = \frac{W_t}{W_i} \times 100$$

여기서, W_i : 저장 초기의 중량, W_t : 일정 기간 저장한 후의 중량

관능검사

관능검사는 아래 기준에 의거 외관, 조직감, 맛, 종합적 평가 등에 대하여 7인의 판넬 요원에 의하여 9점척도법(14)으로 평가하였다. 즉 9 : very fresh, 7 : fresh, 5 : marketable, 3 : non edible, 1 : poor 등으로 평가하였다.

결과 및 고찰

예냉과정중 사과의 냉각 특성

예냉처리는 Fig. 2와 같이 특별히 제작한 중앙흡입식 차압예냉장치를 이용하여 행하였다. Fig. 2는 차압실의 압력 및 포장형태에 따른 냉각특성을 살펴보기 위한 것으로 골판지 상자(15kg용 사과 박스)와 개공율이 전면 22.7%, 측면 18.1%인 플라스틱 콘테이너를 사용하여 Fig. 3과 같이 직렬적재 2박스, 높이적재 2박스, 병렬적재 3박스로 총 24박스를 적재하여 냉각 실험을 실시하였다. Fig. 4는 Fig. 3에 나타낸 상자 번호 2-1의 중간지점에서의 시간에 따른 온도변화를 측정한 것으로서 골판지 상자보다는 플라스틱 콘테이너에 충전하여 예냉하는 것이 빠르게 냉각되는 것을 알 수 있다. 이것은 통기공을 통과시 플라스틱 콘테이너쪽이 골판지 상자보다 압력강화가 적어 박스내를 통과하는 유효냉각공기량이 많아지기 때문으로 통기공이 있는 골판지 상자에서는 차압실의 차압의 변화에 따라 냉각특성이 상당한 차이를 나타내고 있으나 플라스틱 콘테이너의 경우 차압실의 차압에 따라 큰 차이는 나타내지 않았는데 이것은 유효냉각공기량이 일정량 이상일 경우 유효냉각공기량이 증가해도 냉각속도는 비례하여 빨라지지 않기 때문이다. 1°C까지 냉각시키는데 소요되는 시간은 통기공이 있는 골판지 박스에 담아 예냉한 경우 차압실의 차압 100Pa에서 약 9.5시간, 200Pa에서 약 6.0시간이 소요된 반면 플라스틱 콘테이너 박스에 담아 예냉한 경우 차압실 차압 50Pa에서 5.8시간, 100Pa에서 4.7시간

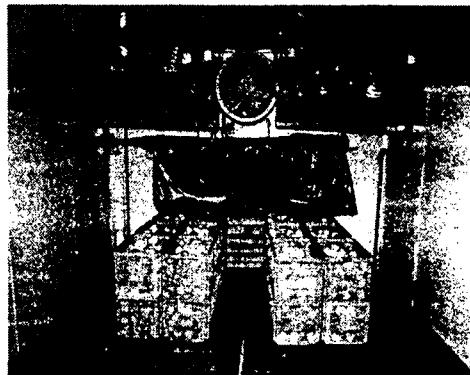


Fig. 2. View of the experimental equipments.

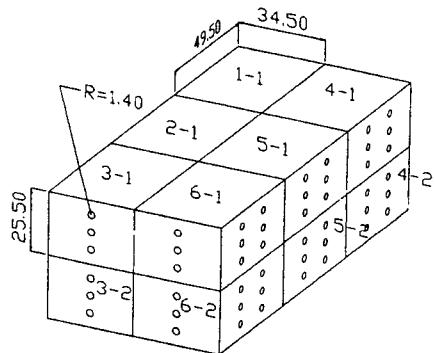


Fig. 3. Schematic diagram of carton stacking.

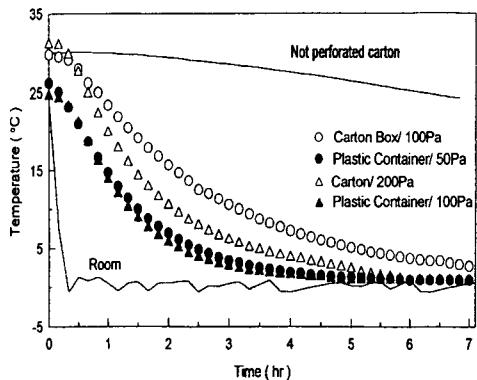


Fig. 4. Comparision of cooling curve profiles of Tsugaru apple for different packing and plenum pressure condition at the same position(box No.2-1).

이 소요되었으며, 반면에 통기공이 없는 골판지 박스에 담아 1°C 저온저장고에서 예냉한 경우는 1°C까지 저하하는데 약 40시간 이상이 소요되었다. 따라서 수

학후 급속히 포장열(field heat)을 제거시키기 위해서는 통기공이 있는 상자를 이용하여 예냉처리를 한 후 본 저장을 하는 것이 초기 신선도 유지에 적합할 것으로 사료되었다.

호흡특성

호흡작용은 온도가 높을수록 활성해지며 과실의 호흡이 활성해지면 과실내 저장 양분의 효소적 분해로 인해 저장성이 떨어진다(11). 이 호흡작용은 사과의 품종, 숙성도, 수확시기, 영양성분, 과피의 상태, 과육조직의 형태, 온도, 습도, 당, 산 등에 따라서 차이가 있으며 조생종인 쓰가루 사과는 8월 초에 수확하는 사과보다는 8월 말에 수확하는 사과가 CO_2 와 에틸렌 발생량이 많은 것으로 보고 되고 있다(3). 또한, 쓰가루 사과는 전형적인 클라이맥터릭형 과일로 고온에서 수확하므로 수확 초기의 품온이 높고 호흡량이 많아 저장성이 낮은 품종으로 수확 직후에는 호흡율이 높아서 쉽게 연화되므로 품질을 유지하기 위해서는 가능한한 빨리 과실의 품온을 저하시켜주는 것이 중요하다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 쓰가루사과의 호흡속도는 온도에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 한편, Fig. 6은 저장기간에 따른 호흡속도의 변화를 나타내고 있다. Fig. 6에서 1°C에 저장한 경우 사과의 호흡속도는 저장기간중 계속 감소하여 저장초기 8mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ 에서 저장 후 4일 이후부터는 1.5~2mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ 정도로 낮은 값을 유지하였다. 처리구별로 보면, 저장 초기 4일까지는 비예냉구가 예냉구에 비해 호흡속도가 약간 빠르게 나타났는데 이것은 비예냉구의 경우 초기 품온이 높기 때문에 1°C까지 저하하기까지 예냉구에 비해 상대적으로 호흡율이 높게 나타난 것으로 판단되었다.

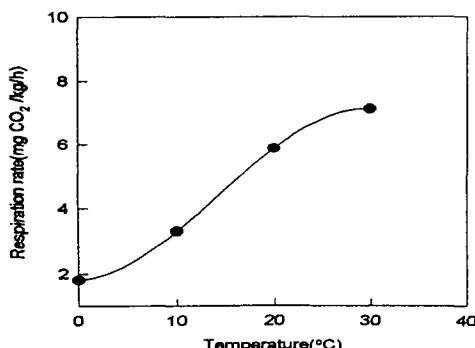


Fig. 5. Changes in respiration rate of Tsugaru apple at different temperatures.

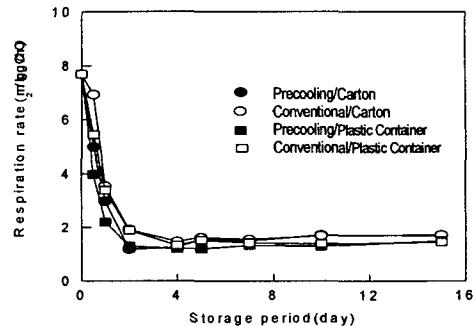


Fig. 6. Changes in respiration rate of Tsugaru apple during storage at 1°C.

한편 비예냉구의 경우 무공골판지 상자가 플라스틱 콘테이너에 비해 높은 호흡율을 나타낸 것은 무공골판지상자의 경우 거의 밀폐되어 있기 때문에 외부 공기와의 접촉이 어려워 사과의 품온이 낮아지는 데 많은 시간이 소요되기 때문에 판단되어졌다.

중량 변화

사과는 약 85% 이상의 높은 수분을 함유하고 있는데 수확 후 저장, 유통중 사과의 표피로부터 주위의 상대습도가 낮을 경우 수분을 빼앗기게 되고 이러한 현상이 지속되게 되면 중량이 감소하면서 위조현상과 함께 조직감이 나빠지고 외관이 불량해지며 미생물에 대한 저항성이 낮아져 미생물 번식에 의한 부패가 발생하기 쉽다. 특히 저장중 중량 감소의 대부분은 수분의 손실에 의한 것으로 볼 수 있다.

Fig. 7 및 Fig. 8은 저장중 중량 변화를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 보면 실온에 저장중 사과의 중량은 예냉처리를 하여 유공골판지박스에 저장한 사과와 무공골판지박스에 저장한 경우 저장후 4일째까지는 1% 이하의 미미한 감소를 보였으나 그 이후는 감소 속도가 점점 더 증가한 것으로 나타났다. 처리구간에 따른 비교를 해보면 기존 방법대로 무공골판지박스에 저장한 사과의 경우 예냉처리를 하여 유공골판지박스에 저장한 경우에 비하여 중량감소가 적을 수 있었다. 이는 예냉처리한 사과의 경우 저장 초기에는 예냉처리에 의하여 사과의 품온이 낮기 때문에 상대적으로 증산작용과 호흡작용이 억제되었으나 박스에 통기공이 있기 때문에 외부의 건조한 공기와의 접촉이 원활하여 감소가 증가한 것으로 보여지며 통기공이 없는 골판지박스의 경우는 통기공이 없어 외부 공기와의 접촉이 어려워 상대적으로 증산작용이 억제되어 탈수에 의한 감소도 억제된 것으로 여겨졌다. 특히 증산작용과 호흡작용에 의하여 발생

된 수증기가 유공골판지박스의 경우는 외부로 방출되어지나 무공골판지박스의 경우는 박스 내부에 그대로 남게 되거나 박스에 흡수되어지기 때문에 전체적인 중량 변화가 적은 것으로 여겨졌다. 신선농산물의 경우 저장, 유통과정중 5~10%의 중량감소가 일어나면 시들게 되어 상품성을 잃는 것으로 보고되고 있으나(15) 실온에 보관한 경우 10일후에도 초기 중량의 97% 이상이 유지되었으며 두 처리구간에 감모율 차이도 약 0.5% 정도의 차이로 큰 차이를 나타내지는 않았다. Fig. 8에서 1°C에 저장한 경우는 예냉처리를 하지 않고 플라스틱 콘테이너에 담아 저장한 사과를 제외하고는 1개월후까지도 1% 이하의 감모율밖에 보이지 않았다. 처리구간에는 예냉처리를 하여 골판지박스에 저장한 경우가 상대적으로 적은 감모율을 보였으나 그 차이는 미미한 것으로 나타났다.

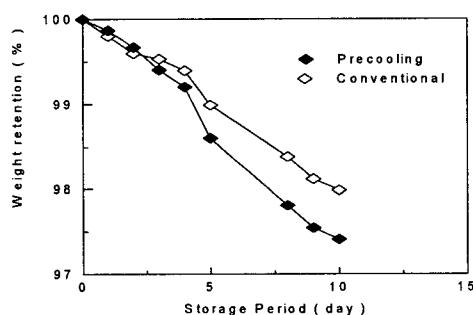


Fig. 7. Changes in weight of Tsugaru apple packed in carton during storage at room temperatures.

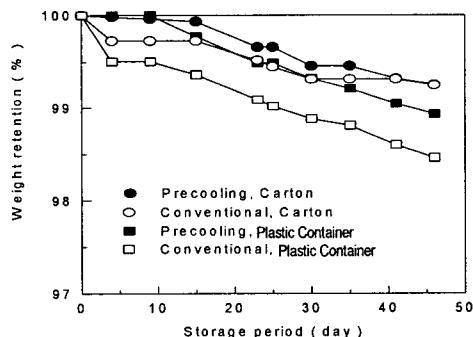


Fig. 8. Changes in weight of Tsugaru apple during storage at 1°C.

관능적 특성

사과를 예냉처리하여 상온과 1°C에 저장한 경우에 있어서 관능적 특성의 변화는 Table 6 및 Table 7과 같다. Table 6에서 보면 사과를 예냉처리하여 실온에

Table 6. Organoleptic properties of Tsugaru apple during storage at room temperature

Characteristics	Pretreatment	Storage period(day)					
		0	3	6	9	12	15
Appearance	Precooling ¹⁾	9.0	8.6	7.9	6.4	5.6	5.4
	Conventional ²⁾	9.0	7.8	6.3	5.9	5.3	4.6
Texture	Precooling	9.0	8.2	7.2	6.5	5.3	4.6
	Conventional	9.0	7.1	5.9	4.8	4.4	3.9
Taste	Precooling	9.0	7.8	6.9	5.4	4.6	4.1
	Conventional	9.0	6.9	5.3	4.4	3.9	3.3
Overall acceptance	Precooling	9.0	8.1 ^a	6.9 ^a	5.6 ^a	4.3 ^a	4.0 ^a
	Conventional	9.0	7.3 ^b	5.4 ^b	4.4 ^b	3.9 ^b	3.4 ^b

1) vented carton, 2) non-vented carton.

Means not followed by the same letter in the same column are significantly different from one another($p < 0.05$).

Table 7. Organoleptic properties of Tsugaru apple during storage at 1°C

Characteristics	Pretreatment	Storage period(day)					
		0	7	14	21	28	35
Appearance	Precooling ¹⁾	9.0	8.7	8.4	7.5	7.2	6.1
	Conventional ²⁾	9.0	8.3	7.8	6.8	5.8	5.4
	Precooling ³⁾	9.0	8.6	8.3	7.2	7.1	6.1
	Conventional ⁴⁾	9.0	8.6	8.2	7.0	5.8	5.8
Texture	Precooling ¹⁾	9.0	8.5	8.1	7.1	6.9	6.0
	Conventional ²⁾	9.0	8.1	7.6	6.4	5.5	5.2
	Precooling ³⁾	9.0	8.3	8.0	7.1	6.4	5.9
	Conventional ⁴⁾	9.0	8.2	7.7	6.6	5.9	5.5
Taste	Precooling ¹⁾	9.0	8.3	8.0	6.9	6.6	5.8
	Conventional ²⁾	9.0	7.9	7.3	5.9	4.7	4.1
	Precooling ³⁾	9.0	8.2	7.7	6.4	6.2	5.1
	Conventional ⁴⁾	9.0	8.0	7.6	6.2	5.3	4.8
Overall acceptance	Precooling ¹⁾	9.0	8.4 ^a	8.1 ^a	7.2 ^a	6.8 ^a	5.9 ^a
	Conventional ²⁾	9.0	8.0 ^b	7.4 ^c	6.0 ^b	4.8 ^b	4.2 ^b
	Precooling ³⁾	9.0	8.3 ^{ab}	7.9 ^{ab}	7.1 ^a	6.6 ^a	5.6 ^a
	Conventional ⁴⁾	9.0	8.1 ^{ab}	7.5 ^{bc}	6.3 ^b	5.1 ^b	4.5 ^b

1) vented carton, 2) non-vented carton, 3),4) plastic container
Means not followed by the same letter in the same column are significantly different from one another($p < 0.05$).

저장하였을 때 관능적 특성은 외관 보다는 조직감이나 맛 성분에 있어서 변화가 더 심함을 알 수 있었다. 특히 사과의 경우는 저장 기간이 지남에 따라 사과 본래의 아삭아삭한 조직감이나 상큼한 맛이 감소하는데 상온에 저장한 경우는 예냉처리하지 않고 기존 방법대로 통기공이 없는 골판지 박스에 그대로 저장한 경우는 일주일 이내에 상품성이거나 식용 가능성을 상실하게 되었다. 반면에 통기공이 있는 골판지 박스에 담아 예냉처리한 후 상온에 저장한 경우는 10일 후까지도 관능적으로 우수하였다. Table 7

에서 보면 1°C에 사과를 저온저장한 경우에 있어서는 예냉처리하지 않고 통기공이 없는 골판지 박스에 저장한 경우는 3주일이 지나면 상품성을 상실하게 되나 예냉처리한 사과의 경우는 1개월 후까지도 관능적 측면에서 상품성이 있음을 보여주었다. 포장 형태에 따른 저장성을 보았을 때는 예냉처리한 경우는 골판지박스에 담아 저장한 경우가 플라스틱 콘테이너 박스에 저장한 사과보다 품질이 우수하였다. 그러나 예냉처리하지 않은 사과의 경우는 플라스틱 콘테이너 박스에 담아 저장한 사과가 골판지박스에 담아 저장한 경우보다 관능적으로 우수하였다. 이러한 현상은 통기공이 없는 골판지 박스에 담아 저장한 경우는 품온이 1°C까지 강하하는데 20시간 이상이 소요되어 상대적으로 초기 품질 변화가 심하였던 것으로 여겨졌기 때문으로 여겨졌다.

요약

본 연구는 수확후 선도 저하가 빠른 쓰가루 사과의 선도연장 방법을 연구하기 위해 중앙흡인식 차압 예냉장치를 이용하여 수확후 바로 1°C까지 품온을 낮추어 1°C와 25°C에서 각각 저장하여 각 처리구별로 호흡속도, 감모율 및 관능적 품질 변화 요인들을 비교·조사하였다. 사과를 1°C까지 냉각시키는데 소요되는 시간은 차압예냉장치를 이용한 경우 박스의 형태 및 차압실 압력에 따라 5~6시간이 소요된 반면, 통기공이 없는 골판지 박스에 담아 1°C 저온저장고에 저장한 경우는 약 40시간 이상이 소요되었다. 호흡속도는 온도나 품온이 낮아짐에 따라 억제되었고, 저장기간이 경과할수록 계속 감소하였다. 예냉처리에 의하여 신선도가 연장되었는데 관능적 특성 변화는 외관 보다는 조직감이나 맛 성분에 있어서 변화가 더 심하게 나타났고, 처리구간에 따라서는 비예냉구의 경우 25°C에서 6일, 1°C에서 21일이 지나면 상품성을 상실한 반면에 예냉구의 경우는 25°C에서 9일, 1°C에서 35일 후까지도 관능적으로 우수하였다.

참고문헌

- 1. 농수산물유통공사 (1996) 농림수산물무역편람, '96, p.83-86
- 2. 농업교목편집위원회 (1996) 원예학 각론, 선진문화사
- 3. 박홍섭, 임형택, 박윤문 (1994) '쓰가루' 사과의 저장력 증진을 위한 수확적기 결정 및 유통중 품질 관리를 위한 연구. 한국원예학회지, 35(6), 593-598
- 4. Blanpied, G.D. (1969) A study of the relationship between optimum harvest dates for storage and the respiratory climacteric rise in apple fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94, 177-179
- 5. Ke, D. and Saltveit, M.E. (1989) Carbon dioxide-induced brown stain development as related to phenolic metabolism in iceberg Lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114, 789-794
- 6. Lau, O.L. (1985) Storage procedures and low oxygen and low carbon dioxide atmosphere on storage quality of 'Golden Delicious' and 'Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110, 541-547
- 7. 김종천, 손기철, 고재영 (1995) 필름종류와 LCA 조성제가 '후지' 사과의 단기 저장중 가스조성 및 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 36(1), 74-82
- 8. 이재창 (1974) 과실 피막제(TAG)가 사과 고울든 딜리셔스, 스타킹딜리셔스 및 후지의 저장에 미치는 영향. 한국원예학회지, 15(2), 106-109
- 9. 이재창, 권오원 (1990) 피막제 Prolong 처리가 사과 '홍옥' 및 '후지'의 저장력 및 에틸렌 발생에 미치는 영향. 한국원예학회지, 31(3), 247-254
- 10. Autio, W.R. and Bramlage, W.J. (1982) Effects of AVG on maturation, ripening and storage of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107, 1074-1077
- 11. 김병삼, 남궁배, 김의웅(1994) 예냉시스템 및 관련 기술의 개발. 한국식품개발연구원 보고서, E1592
- 12. Couture R. and Makhlouf, J. (1990) Production of CO₂ and gamma irradiation of strawberry fruit, *J. Food Quality*, 385, 13-17
- 13. 김동철, 김병삼 (1992) 농산물의 전처리 시스템 개발. 한국식품개발연구원 연차보고서
- 14. 김광옥, 이영춘 (1991) 식품의 관능검사. 학연사, p149
- 15. Kays S.T. (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. AVI Book, p.430

(1999년 9월 25일 접수)