

저장온도에 따른 '쓰가루' 사과의 호흡 및 품질특성 변화

박형우 · 박종대 · 홍석인 · 김동만
한국식품개발연구원

Changes in Respiratory and Quality Characteristics of 'Tsugaru' Apple by Storage Temperature

Hyung-Woo Park, Jong-Dae Park, Seok-In Hong and Dong-Man Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

The research was conducted to measure the effect of temperature on respiratory and quality characteristics of 'Tsugaru' apple (*Malus domestica* Borkh) during storage at 4°C, 10°C and 20°C. Respiration rate of the apple just after harvest was 7.57 mL CO₂/kg/h at 20°C. It was decreased rapidly and was 2.86 mL CO₂/kg/h after storage for 45 days at 20°C. The apples showed the highest ethylene production rate at 10°C and 20°C after 14 days, and at 4°C after 28 days during storage. Weight of the apple was reduced by 2.9% after 120 days at 4°C and by 6.1% after 45 days at 20°C. Color difference of peel and pH increased with the temperatures but titratable acidity and flesh firmness showed the reverse trends during storage. According to the subjective visual quality test, it could be suggested that the shelf-life of the apple is 86 days at 4°C, 65 days at 10°C and 37 days at 20°C, respectively.

Key words : apple, *Malus domestica* Borkh, respiration, ethylene, storage temperature

서 론

현재 국내에서 재배되고 있는 사과는 10월 상순에서 11월 초에 수확되는 만생종 품종인 '후지'가 65% 이상으로 주종을 이루고 있으며, 8월 중순에서 9월 초순까지 수확되는 조생종 품종인 '쓰가루'가 대표적 품종이라 할 수 있다(1). '쓰가루'는 일본 아오모리현(靑森縣) 사과 시험장에서 1930년 'Golden Delicious'와 불명품종을 교배하여 육성한 품종으로 과실의 모양은 원형 또는 장원형이며, 과피색은 녹황색 바탕에 담홍색 줄무늬로 착색되나 대개의 과실은 착색이 잘 되지 않고 과중은 200~250 g 정도이다(2). 과육은 황백색으로 치밀

하고 과즙이 많은 편이며 산도가 낮고 당도가 높아 조생종 품종중 가장 인기가 높은 품종이나, 수확후에는 저장성이 약하여 품질이 빠르게 저하되는 단점이 있다(3-5).

한편 '쓰가루'의 수확후 저장력을 증진하기 위한 연구로는 칼슘제 처리를 이용한 방법(6,7), 피막제로 Prowax-F[®], Prolong[®] 또는 키토산이나 왁스를 코팅 처리한 방법(8-10), '쓰가루'의 수확기기를 이용한 방법(11), 예냉처리를 이용한 방법(12,13), 저온 및 CA 저장(5,14,15) 그리고 MA 저장기술을 이용한 방법(16) 등이 검토되었다. 그러나 사과의 신선도를 유지하기 위해서는 수확후에도 호흡, 증산, 에틸렌 생성 등과 같은 대사활동을 계속하는 대상물의 생리특성에 대해 정확한 정보를 얻고, 얻어진 결과를 토대로 가장 적절한 신선도 유지 기술을 선택하여 적용하는 것이 바람직하다. 이에, 본 연구에서는 '쓰가루' 사과의 신선도 유지기술

Corresponding author : Dong-Man Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
E-mail : dmkim@kfri.re.kr

개발에 필요한 기초자료로 활용하고자 저장 온도를 달리하여 '쓰가루' 사과의 생리특성과 품질변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용한 사과는 경북 봉화군 지역에서 1998년 8월 26일에 수확한 조생종 '쓰가루' 품종으로 과피의 색상이 완전히 착색되지 않은 선명한 녹색이며 1개당 평균무게는 253 g이었고, 평균크기는 8.9 cm(장축)×8.4 cm(단축)였다. 수확한 시료는 외관이 건전하고 평균무게와 크기에 가까운 사과만을 선별하여 사용하였다.

저장

사과의 저장조건으로는 4°C(95% RH)에서 120일, 10°C(85% RH)에서 90일, 20°C(75% RH)에서 45일간 각각의 항온실에 보관하였으며, 저장기간중 경시적으로 품질변화를 측정하였다.

호흡율과 에틸렌 생성율

호흡율과 에틸렌 생성율은 밀폐시스템으로 측정하였다(17). 즉 두경에 실리콘 격막이 장착된 유리용기(10 L)내에 전체 체적의 2/3 정도 분량의 사과를 넣고 4°C, 10°C, 20°C로 일정하게 온도가 유지되는 항온실에 하룻밤 방치하여 품온을 유지한 후 밀봉하였다. 저장기간중에 경시적으로 용기내 CO₂ 농도와 에틸렌 농도를 gas tight syringe(Hamilton, #81243)로 200 μL씩 채취하여 GC로 분석한 후 호흡율과 에틸렌 생성율을 계산하였다. 이때 사용한 CO₂ 농도 측정용 GC(Shimadzu GC-14A, Japan) 분석조건은 detector: TCD, column: CTR-I (Alltech Co.), column temp.: 35°C, injector temp.: 60°C, detector temp.: 60°C, carrier gas: He (50 mL/min)이고, 에틸렌의 GC(HP 5890, USA) 분석조건은 detector: FID, column: HP-PLOT 5 (HP Co.), column temp.: 170°C, injector temp.: 200°C, detector temp.: 210°C, carrier gas: He (10 mL/min), split ratio는 10:1로 하였다.

이화학적 분석

중량손실율은 초기중량을 기준으로 저장 후 중량을 측정하여 얻은 중량손실율 백분율로 나타내었다. pH는 사과 시료로부터 1/8 조각씩 취하여 균질기(원일산업,

KWS-7000)에 넣고 완전히 마쇄한 후 착즙하여 pH meter(Metler 340, USA)를 이용하여 측정하였고, 산도는 마쇄액 20 g에 증류수 30 g을 가하여 희석한 후 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 량을 malic acid로 환산하여 나타내었다(18). 가용성고형분은 마쇄액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Abbe refractometer (ATAGO N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다(19). 경도 측정은 직경 5 mm의 원통형 probe가 부착된 rheometer (Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과일 중앙부위의 껍질을 깊이 2 mm 정도로 편편하게 깎아내고 내부쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항값을 kg로 나타내었다(20). 과피의 색차(ΔE)는 사과의 중심 과피 일정부위를 색차계(Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L, a, b값을 측정 후 저장전 초기 시료의 L, a, b값을 기준 색으로 보정하여 색변화 정도를 color difference(ΔE)로 나타내었다(19).

외관검사

각 처리구에 대한 상품적 측면의 외관품질(visual quality)은 과일의 저장실험중 품질평가 경험이 풍부한 7명의 평가원이 모여서 사과의 외관상 변색, 부패 등을 관찰한 후 5점척도(5=very good, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor)로 평가하였으며, 평가점수 3점까지를 저장수명의 한계선으로 설정하여 그 이하는 상품성이 상실된 것으로 판정하였다(19,21).

결과 및 고찰

호흡율과 에틸렌 생성율

신선한 과실이나 채소는 살아있는 생체이므로 수확 후에도 호흡작용을 지속한다. 이러한 호흡은 당이나 기타 기질이 효소에 의해 단계적인 변화를 거쳐 에너지로 전환되는 과정으로 과실과 채소류의 수확후 저장 및 유통과정에서 체내에 축적된 저장물질이 호흡의 기질로 소모되므로서 조직감과 같은 품질이 저하되고 이산화탄소 및 호흡열이 발생한다(17). 생체 자체의 대사 유지를 위하여 호흡은 반드시 필요하지만 과실과 채소류의 저장 및 신선도 유지라는 측면에서 호흡은 수확 후 품질에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. Fig. 1은 '쓰가루' 사과의 저장중 호흡특성을 알아보기 위하여 온도가 각기 다른 항온실에 사과를 저장한 후 경시적으로 측정된 호흡율을 나타낸 것이다.

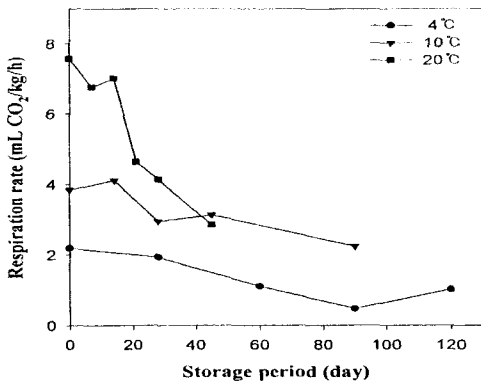


Fig. 1. Changes in respiration rate of 'Tsugaru' apple during storage at different temperatures.

각 저장 온도에서 '쓰가루'의 초기 호흡율을 측정할 때, 4°C에서는 2.19 mL/kg/h, 10°C에서는 3.85 mL/kg/h, 20°C에서는 7.57 mL/kg/h였다. 저장기간이 경과할수록 '쓰가루'의 호흡율은 온도에 관계없이 감소하였으나, 10°C와 20°C 저장에서는 일시적으로 약간 증가하는 양상을 보였다. 이러한 양상은 10°C와 20°C 저장에서 모두 14일 후에 나타났다. 20°C 저장시 '쓰가루'의 호흡율은 저장 45일 후 2.86 mL/kg/h로 저장전에 비해 60% 이상의 감소를 보였다. 과일과 채소류의 호흡율은 종류 및 속도에 따라 매우 다양한 양상을 보이는데 성숙기에 도달하면서 생체 내부에 생성된 호르몬의 작용으로 성숙말기에 호흡량이 일시적으로 급등하는 climacteric형과 호흡량이 서서히 감소하거나 거의 변하지 않는 non-climacteric형으로 분류된다(17). 전자의 경우에는 사과, 배, 복숭아, 청매실, 토마토, 수박 등이 속하고, 후자의 경우에는 귤, 딸기, 포도, 오이, 고추 등이 속한다. 본 실험에 사용된 '쓰가루' 사과는 climacteric형 품목으로 수확후 저장중에는 호흡율이 지속적으로 감소하는 양상을 보였다.

'쓰가루' 사과의 에틸렌 생성율은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 각 온도별로 저장중 증가 후 감소하는 경향을 보여주었다. 즉, 4°C에서는 저장전 생성율이 26.2 μ L/kg/h인데 비하여 28일 후에는 35.3 μ L/kg/h, 10°C에서는 저장전 생성율이 59.0 μ L/kg/h인데 비하여 14일 후 77.4 μ L/kg/h, 20°C에서는 저장전 생성율이 102.7 μ L/kg/h인데 비하여 14일 후 117.6 μ L/kg/h였다. 그리고 20°C에서는 저장 45일 후 생성율이 50.6 μ L/kg/h로 저장 14일 이후부터 급격히 감소하였다. 이에 반해 10°C와 4°C에서는 저장기간중에 발생량의 감소가 적었다. 과일과 채소류의 성숙 호르몬으로 잘 알려진 에틸렌은 수확후 생리활동을 왕성하게 하여 품질저하 등을 일으켜 결과적으로 shelf-life를 단축시킨다. 호흡

과도 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진 에틸렌 생성 증가 시점은 호흡율의 증가 시점보다 빠르거나 일치한다(22). Johnson 등(23)은 O₂ 농도를 낮춰서 'Idared' 사과의 호흡율과 에틸렌 생성율을 감소시켰는데 0°C, 21% O₂에서는 호흡율이 3.61 mL/kg/h, 에틸렌 생성율이 5.02 μ L/kg/h였으나 0°C, 1% O₂에서는 호흡율이 1.66 mL/kg/h, 에틸렌 생성율이 1.45 μ L/kg/h로 현저한 감소를 하였다고 보고하였다.

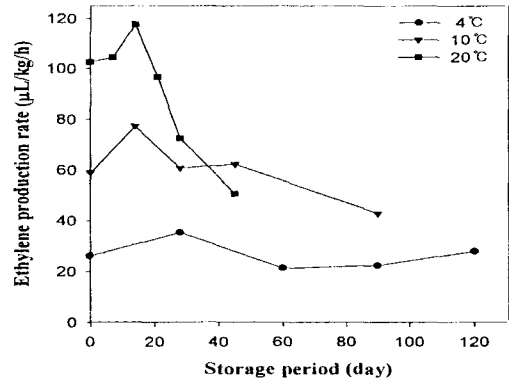


Fig. 2. Changes in ethylene production rate of 'Tsugaru' apple during storage at different temperatures.

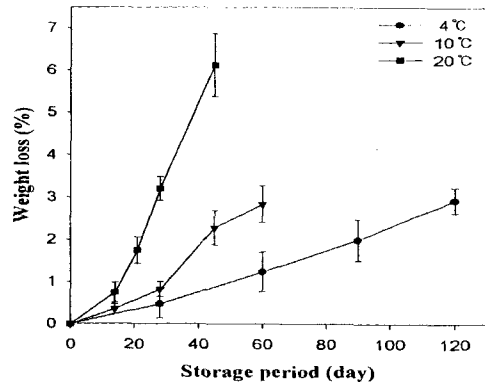


Fig. 3. Changes in weight loss of 'Tsugaru' apple during storage at different temperatures.

이화학적 품질변화

'쓰가루' 사과의 저장중 이화학적 품질변화를 Fig. 3~Fig. 6에 나타냈다. 품질변화 결과중 먼저 중량손실을 보면(Fig. 3), 저장기간중 경시적으로 증가 양상을 보였으며 증가속도는 상대습도가 낮고 저장온도가 높을수록 빠르게 증가하였다. '쓰가루'는 20°C 저장에서 7일 후부터 급격한 중량감소를 보여 저장 45일 후에는 6.1%의 손실율을 보였다. 10°C에서는 저장 60일 후에

2.8%의 중량손실을 나타냈으나 4℃에서는 저장 120일 후 2.9%의 중량손실을 보였다. 과일과 채소류의 저장 중 중량감소는 대부분이 수분 손실에 의하며 일부는 호흡작용으로 발생한 수증기가 방출되어 발생하기도 한다(24). 중량손실은 저장효과를 판단하는 중요한 지표가 되며, 일반적으로 감소율이 5% 이상을 초과하면 상품성을 잃은 것으로 판단되고 있다(25).

‘쓰가루’ 사과의 초기 가용성고형분 함량은 10.5 °Brix이며 온도별로 전체 저장기간 동안 변화는 10℃와 20℃에서 저장 초기 14일 후에 약간 증가후 감소한 다음 일정한 수준이었고, 4℃ 저장시에는 거의 변화가 없었다(결과 생략). 저장기간 동안에 ‘쓰가루’의 가용성고형분 함량은 4℃보다는 10℃와 20℃에서 높게 유지되었다. 일반적으로 과일의 저장중 가용성고형분 함량은 수확후 후숙 과정에서 전분 등 고분자물질의 분해로 인하여 저장초기에 증가하는데(22), 본 실험에서는 14일 후에 가용성고형분 함량이 증가하였으나, 박 등(11)은 수확시기별로 ‘쓰가루’를 4℃에 저장하면서 품질변화를 측정할 결과 당도가 전반적으로 감소한다고 하였다.

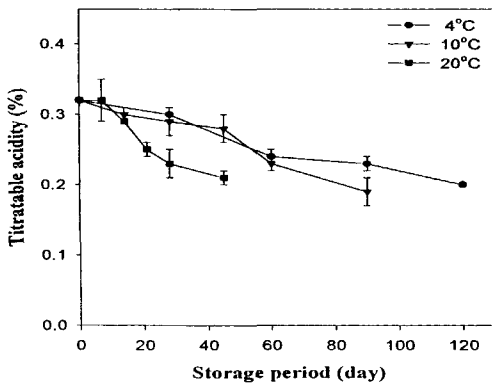


Fig. 4. Changes in titratable acidity of 'Tsugaru' apple during storage at different temperatures.

‘쓰가루’의 초기 pH는 3.98이었으며, 저장중에는 점차로 증가하는 경향이였다(결과 생략). pH의 변화도 다른 품질변화 양상과 같이 저장온도가 높을수록 증가속도가 빨랐다. 20℃에 저장시 45일 후 pH 4.27까지 빠르게 증가하였으나 4℃ 저장시에는 pH 증가가 느리게 진행되었다. 초기 산도가 0.32%를 보인 ‘쓰가루’ 사과는 저장중 약간씩 감소하는 경향이였으며 20℃ 저장시 저장 7일 후부터 감소가 빨라졌다. 저장 45일 후 20℃ 저장 사과의 산도가 0.21%인 반면 4℃ 저장 사과는 저장 120일 후에 산도가 0.20%였다(Fig. 4). 대부분의 과실은 일반적으로 신맛을 가지고 있으며 즙액은

산성을 나타낸다. 신맛을 나타내는 지표로 pH와 산도가 사용되며, 유기산은 사과의 숙성중 호흡으로 인하여 기질로 소모되거나 당으로 전환되기 때문에 수확후 일반적으로 감소한다.

저장기간중 과육의 연화정도를 나타내는 경도는 Fig. 5과 같이 초기에 1.34 kg였으며 저장온도에 관계없이 초기에 빠르게 저하됨을 알 수 있었다. 고온기에 성숙하는 품종인 ‘쓰가루’ 사과는 저장시 품질변화중에서도 특히 과육의 연화가 빠르게 진행되어 저장하기 힘든 품목으로 알려져 있으며, 본 실험의 결과에서도 같은 양상을 보였다. 또한 저장 온도에 비해서 온도 감소속도도 빠르게 일어났으며 20℃ 저장의 경우 저장 7일 만에 0.72 kg로 약 50%의 온도 감소를 나타냈다. 저장 초기 급격한 온도 감소는 이 등(9)의 보고와 일치하는 경향이었고, 왁스 및 고분자 키토산(평균분자량 500,000) 처리시에는 에틸렌을 제거해 준 환경에서 온도유지에 효과적이라고 하였다(10). 김 등(13)은 수확후 예방처리가 ‘쓰가루’ 사과의 상온저장에서는 무처리구에 비해 온도 감소를 효과적으로 지연시켰지만, 1℃의 저온저장에서는 큰 차이가 없었다고 하였다. 또한 10℃에서 MA(modified atmosphere) 저장 기술을 이용하여 ‘쓰가루’ 사과를 저장했을 때 온도는 저장초기 18일까지 급속히 감소하였으나 40 μm 두께의 LDPE 필름 포장구와 에틸렌 흡착제를 첨가시킨 포장구를 이용하여 저장 60일 후까지 온도를 높게 유지할 수 있었다(16).

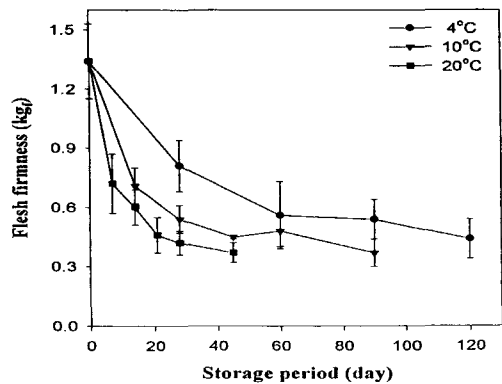


Fig. 5. Changes in flesh firmness of 'Tsugaru' apple during storage at different temperatures.

저장중 사과 과피의 색변화를 색차계로 측정하여 계산한 색차(ΔE)의 변화는 Fig. 6과 같다. 저장직전 ‘쓰가루’의 과피 색도는 L=66.53, a=-22.33 및 b=45.55로 완전히 착색이 되지 않은 선명한 녹색(green)계통을 나타내었다. 저장중 ‘쓰가루’의 과피는 a값이 빠르게 증가하여 chlorophyll 색소의 분해로 이해되는 녹색손실이 빠르게

진행되었으며, 이는 저장전 사과의 초기果皮색을 기준으로 하여 비교한 색차(ΔE)의 급속한 증가를 일으켰다. 특히, 10°C와 20°C 저장시 색차의 증가가 현저하였으며 4°C에서는 비교적 완만한 증가 양상을 보여果皮변색이 상대적으로 억제됨을 알 수 있었다. 10°C와 20°C에 저장한 사과의果皮 색차의 빠른 증가는 저장 14일까지 계속되었으며, 이후 색차의 증가가 완만하게 진행되었다. 과일은 성숙과정이 진행됨에 따라果皮색이 변하여 고유의 색깔로 착색하게 되며 이러한 과일의 빛깔은 향기나 미각과 함께 과일의 품질을 결정하는 주요한 요인이 된다. '쓰가루' 품종의 경우 외피색택은 잘 익게 되면 붉은색을 띄게 되나 저장성이 약한 관계로 녹색의 미숙 상태로 수확하여 유통되고 있다(13).果皮색의 구성성분은 저장중 점차 분해되어 상품성의 저하를 일으키는데 MA 저장 기술의 적용으로 이를 어느정도 억제할 수 있으며(26,16), 상온(15~20°C)에서 과실 피막제인 Prowax-F®를 '쓰가루'에 처리하면 chlorophyll 분해 억제 효과가 있다고 한다(8).

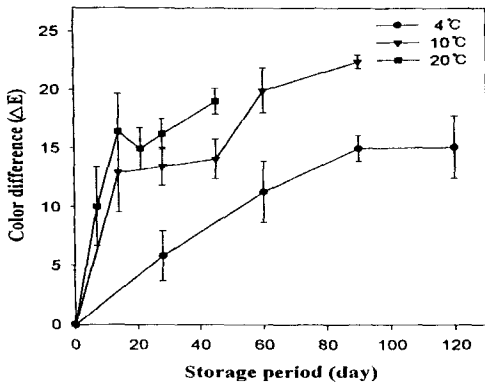


Fig. 6. Changes in peel color differences(ΔE) of 'Tsuburu' apple during storage at different temperatures.

외관검사

과실과 채소류의 수확후 품질을 외관적으로 평가하는 것은 아무리 잘 훈련된 평가원이라 할지라도 주관적일 수 있다는 제한성이 있지만, 일반 소비자가 시장에서 육안에 의해 과실을 구매한다는 측면에서 대단히 중요하며 5점, 7점, 9점으로 나타내는 평가법이 널리 사용되고 있다(19,27). 따라서 본 연구에서도 소비자의 입장에서 '쓰가루' 사과果皮의 변색, 부패정도, 사과향, 손으로 느끼는 연화정도 등을 종합적으로 고려하여 사과의 상품성을 5점 척도법으로 나타낸 결과는 Fig. 7과 같다. 외관품질도 저장온도가 높을수록 빠르게 저하됨을 알 수 있었다. 사과의 상품성은 20°C 저

장시에는 초기에 빠르게 저하되었으며 10°C와 4°C 저장시에는 저장중 점차적으로 저하됨을 알 수 있었다. '쓰가루'의 외관품질은 수분손실에 의한 위조현상,果皮의 chlorophyll 색소 분해,果皮에 생성되는 반점 등에 의해 크게 영향을 받았다. 수확후 왕성한 생리활동을 하는 '쓰가루'는 높은 호흡율이 상품성 저하를 촉진시켰다고 생각되며,果皮에 생성되는 반점은 일단 발생하기 시작하면 그 수가 급속도로 증가하여 상품성을 현저하게 저하시켰다.

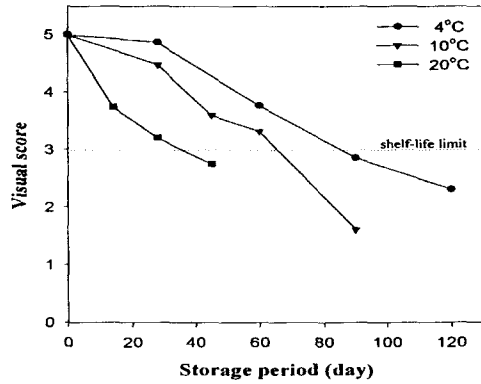


Fig. 7. Changes in visual score of 'Tsuburu' apple during storage at different temperatures.

요약

수확후 품질이 급속히 저하되어 저장력이 약한 단점 때문에 유통기간이 매우 짧은 '쓰가루' 사과의 신선도를 유지하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 '쓰가루' 사과를 4°C(95% RH), 10°C(85% RH), 20°C(75% RH)의 항온실에 각각 120일, 90일, 45일간 방치하면서 경시적으로 저장중 호흡율과 에틸렌 발생을 그리고 품질특성 변화를 측정하였다. '쓰가루' 사과의 호흡율은 20°C 저장시 초기 7.57 mL CO₂/kg/h에서 저장중 급격히 감소하여 저장 45일 후는 2.86 mL CO₂/kg/h였다. 에틸렌 발생율은 20°C와 10°C에 저장한 사과가 저장 14일 후 가장 높았으며, 4°C에서는 저장 28일 후가 가장 높았다. 증량손실은 4°C 저장시 저장 120일 후 2.9%였으나 20°C 저장시에는 저장 45일 후 6.1%였다. 또한果皮 색차와 pH는 저장온도가 높을수록 증가하였으며, 적정산도와 과육 경도는 온도가 높을수록 저장중 빠르게 감소하였다. 특히果皮 색차, 과육 경도는 20°C와 10°C에 저장한 사과에서 저장초기에 급격히 변화함을 알 수 있었다. 외관품질 평가 결과 20°C 저장시에는 상품

성이 초기에 빠르게 저하됐으며 10℃와 4℃ 저장시에는 저장중 점차적으로 저하됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- 현남익 (1997) 에냉처리에 의한 쓰가루 사과와 선도연장. 고려대학교 석사학위논문
- 김성봉, 김점국, 신건철 (1989) 왜성사과 재배 신기술. 오성출판사, 서울, p. 73-74
- 변재균, 허진수, 장경호, 강인규 (1993) 사과 과실 성숙과 저장중 펙틴질 및 세포벽 분해효소의 변화. 한국원예학회지, 34(1), 46-53
- 권현중, 김호열, 류언하, 변재균 (1998) CA 및 저온 저장후 '쓰가루' 과실의 품질변화. 한국원예학회지, 39(4), 449-453
- 홍윤표, 최성진, 김영배 (1994) 저온 및 CA 저장중 사과와 품종별 저장 특성에 관한 연구. 한국원예학회 논문발표 요지, 12(1), p. 90-91
- 류명상, 이재창, 황용수 (1986) 초산칼슘 가용 Fenoprop 및 Daminozide 처리가 사과 성숙 및 저장력에 미치는 영향. 한국원예학회지, 27(3), 261-268
- 장경호, 변재균 (1991) 수확후 칼슘 공급방법에 따른 사과 과실저장성의 품종간 차이. 한국원예학회지, 32(3), 335-339
- 임병선, 최선태, 이종석, 김영배, 문병우 (1998) 피막제 Prowax-F 처리가 상온 및 저온저장 중 사과 쓰가루의 품질, CO₂ 및 ethylene 발생에 미치는 영향. 원예논문집, 40(1), 96-101
- 이재창, 권오원, 류명상 (1986) 피막제 Prolong 처리가 사과 쓰가루의 저장력 및 ethylene 관련물질의 변화에 관한 연구. 한국원예학회지, 27(4), 347-352
- 황용수, 김요안, 이재창 (1998) 수확후 키토산 및 왁스처리와 에틸렌제거가 '쓰가루' 사과의 저장중 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 39(5), 579-582
- 박홍섭, 임형택, 박윤문 (1994) '쓰가루' 사과의 저장력 증진을 위한 수확적기 결정 및 유통중 품질관리를 위한 연구. 한국원예학회지, 35(6), 593-598
- 김병삼, 김의웅, 김동철 (1999) 차압에냉처리가 쓰가루 사과의 선도유지에 미치는 영향. 한국농산물저장유통학회지, 6(4), 365-370
- 김병삼, 현남익, 남궁배 (1999) 수확후 에냉처리가 쓰가루 사과의 저장중 품질에 미치는 영향. 한국농산물저장유통학회지, 6(4), 371-375
- 권현중, 김호열, 류언하, 변재균 (1996) CA 및 저온저장이 '쓰가루' 사과의 에틸렌 및 호흡에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표 요지, 14(1), p. 372-373
- 권현중, 김호열, 류언하, 변재균 (1996) CA 및 저온저장이 '쓰가루' 사과의 저장성에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표 요지, 14(1), p. 374-375
- 박종대, 홍석인, 박형우, 김동만 (1999) '쓰가루' 사과의 유통용 신선도 유지 MA 포장 효과. 한국농산물저장유통학회지, 6(4), 357-364
- 홍석인, 차환수, 박종대, 조재선 (1998) 온도 및 수확시기에 따른 청매실의 호흡특성 변화. 산업식품공학, 2(3), 178-182
- A.O.A.C. (1995) *Official Methods of Analysis*, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Virginia, Chapter 37, p. 10-11
- Robert, L.S. (1993) Measuring quality and maturity. In *Postharvest Handling*, Robert, L.S. and Stanley, E.P. (eds.), Academic Press, Inc., San Diego, p. 99-124
- Mohsenin, N.N. (1986) Rheology and texture of food materials. In *Physical properties of plant and animal materials*, Gordon and Breach Sci. Pub. New York, p. 383-480
- 홍석인, 김윤자, 박노현 (1993) 잎상치의 MA 포장. 한국식품과학회지, 25(3), 270-276
- 이승구 (1996) 원예작물의 수확후 생리. 성균사, 수원, p. 49-156
- Johnson, D.S. and Ertan, U. (1983) Interaction of temperature and oxygen level on the respiration rate and storage quality of Idared apples. *Journal of Horticultural Science*, 58(4), 527-533
- Kader, A.A. (1992) Postharvest biology and technology : An overview. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd ed., Adel A. Kader (ed.), University of California, p. 15-20
- 한국농산물저장유통학회 (1999) 농산물저장유통기술 핸드북
- Powrie, W.D. and Skura, B.J. (1991) Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In *Modified atmosphere packaging of food*. B. Ooraikul and M.E. Stiles (eds.), Ellis Horwood, p. 169-245
- Kader, A.A. (1992) Modified atmosphere during transport and storage. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd ed., Adel A. Kader (ed.), University of California, p. 85-95

(접수 2000년 1월 28일)