

단감의 低溫貯藏方法 開發에 關한 研究

Development of Low-Temperature Storage Method of Sweet Persimmons

鄭琮薰* 徐相龍*
J. H. Chung S. R. Suh

Summary

This study was conducted to develop the long-term storage method to minimize the black spot occurred on the surface of persimmons stored in the films at low temperature. The storage experiments were done with different films and persimmon varieties at 0°C storage condition for 5 months, and then the physical and chemical characteristics of persimmons were tested monthly. The results were as follows :

1. The film 160 made from zeolites showed highest performance in well storings sweet persimmons for 5 months, compared with other films by eyesight. The initial moisture condensation inside the films seemed to cause the black spots on persimmons, and the effect of the film holes was never significant to prevent the black spots.
2. The sugar content was ranged from 14°Brix to 15°Brix regardless of film types and persimmon varieties, and it changed little for storage of 5 months.
3. The decrease rate of persimmon weight in the film 160 and 180 was 0.3% for storage of 5 months, while those in other films reached to 2%. The decrease rate of persimmon weight was least in the film 160 and 180.
4. The hardness of Fuyu least decreased in the films 160 and 380. It was changed from 36 kg/cm² to 8-27 kg/cm², and that of Charyang was from 31 kg/cm² to 8-10 kg/cm² for storage of 5 months. The hardness of Charyang rapidly decreased as storage period increased.
5. The average rate of black spot(defect rate) of Fuyu measured by a computer image processing system was least in the film 160 by 0.5%, but those in other films was ranged from about 5% to 20% for storage of 5 months. The rate of black spot of Charyang was less than that of Fuyu among most of films.
6. The intensity, hue, and saturation in persimmon color changed according to storage period. Especially, the intensity of persimmon colors decreased as storage period increased, but it was least in the film 160.
7. An integrated long-term storage method of sweet persimmons was suggested in the basis of the experiments and literature reviews.

본 研究는 '93 全羅南道 農漁業技術開發 研究費 支援에 의해 이루어짐.

* 全南大學校 農科大學 農工學科

1. 緒論

가. 研究의 背景 및 必要性

우리나라에 있어서 감의 연간 生産量은 1992년 기준으로 155,111톤에 이르며 그 재배면적은 17,584 ha에 달하고 있으나 이에 대한 가공처리는 별로 이루어 지지 않고 있으며 자연 그대로 염가로 판매되고 있다. 물론 일부는 감식초, 감장아치, 곱감 등으로 가공되어 제조 판매되고 있는 실정이나 상품가치 및 收益性이 낮은 뿐 아니라 그 기호도 역시 낮은 실정이다. 또한 감은 청과물 중에서 貯藏性이 낮은 과실로서 장기貯藏이 어려우며 가공면에서도 연구 개발이 활발치 못한 상황이다. 따라서 감중에서도 단감의 貯藏性을 높이고 수확부터 출하시까지 적정 貯藏方法을 개발하고자 한다. 특히 현재 농가에서 감 長期貯藏시 발생하는 冷害現像 또는 凍結現像의 문제점을 구명하여 長期貯藏할 수 있는 貯藏方法을 貯藏實驗을 통하여 찾는 것이 본 연구의 주된 目的이다.

과채류는 수확되어 소비에 이르기까지 여러단계의 유통경로를 거쳐 소비되므로 유통 과정중의 품질저하로 인하여 가격저하가 대단히 심할 뿐 아니라 많은 손실이 따르게 된다. 농산물은 수확후에도 호흡에 의한 신선대사를 계속하므로 수분, 이산화탄소, 에틸렌가스, 열 등이 발생되며 수분, 열, 에틸렌가스는 과채류의 老化, 腐敗, 軟化를 촉진시키는 것으로 과채류의 신선도를 유지하려면 이를 제거하거나 적정 조건을 제공해야 한다. 특히 감과 같은 과일은 상온에서 貯藏하면 조직의 파괴가 없어 균이 오염될 염려는 다소 적으나, 생명활동의 계속으로 호흡활동을 촉진하여 polygalacturonase라는 효소에 의해 결국에는 軟化 및 過熟 현상을 일으키게 한다. 일단 과숙현상이 일어나면 균의 침입에 대한 저항력이 급격히 감소되며 곧 부패하게 된다. 따라서 감의 저온貯藏은 감의 온도를 떨어뜨려 호흡속도를 낮추어 에틸렌가스의 발생을 줄이고 poly-

galacturonase의 합성과 활동을 줄여서 연화현상을 막으며 과숙현상이 일어나지 못하도록 하거나 과숙현상에 도달하는 시간을 연장하는 효과를 주게 된다.

보통 농촌에서 감을 低溫貯藏할 경우 폴리에틸렌 필름봉지에 담아서 長期貯藏하게 되는데, 5°C에서 貯藏할 경우 1개월, 0°C에서 貯藏할 경우에는 3~4개월 정도 貯藏가능하나 잘못된 관리하여 冷害가 발생하거나 동결현상이 일어나 그 상품적 가치를 떨어뜨리며 심할 경우에는 부패되어 버리는 경우가 있다. 또한 冷藏은 주변공기의 상대습도를 낮추기 때문에 감으로부터의 수분증발을 촉진케 하여 시들게 하므로 적정 상대습도를 유지하는 것이 좋다. 따라서 신선도를 유지하고 차가운 공기와 직접적인 접촉을 막아줄 수 있는 특수필름으로 제조한 봉지에 단감을 담아서, 봉지내에 호흡에 의해 발생된 에틸렌가스와 산소량을 줄이고 탄산가스 농도를 높여 감의 숙성 속도를 떨어뜨려 그 상품적 가치를 최대화할 수 있는 적정 長期貯藏方法을 개발하고자 한다. 또한 단감의 수확후 저온창고로부터 출하시까지 감의 처리 또는 관리방법을 제시하여 단감의 품질을 극대화 할 수 있는 방안을 연구하여 제시하고자 한다. 이를 위해서 단감의 장기 低溫貯藏實驗과 품질조사를 통하여 그 적정 貯藏方法을 찾고자 한다.

나. 研究 目的

본 연구의 목적을 구체적으로 나열하면 다음과 같다.

1. 포장필름의 종류 및 단감 품종별 그리고 봉지에의 物理的 처리방법에 따라 적정조건에서 貯藏實驗을 실시하여 단감의 品質變化를 조사한다.

2. 處理 및 貯藏期間에 따른 단감의 품질변화를 분석하고자 감의 物理, 化學的 특성변화를 조사한다. 즉 단감의 品質檢査로서 시각에 의한 外觀檢査(色相, 熟度, 黑變 등), CCD 카메라를 이용한 영상처리에 의한 외부결정 및 냉해 여부의

外觀檢査, 果實硬度 조사를 실시하고 부수적으로 糖度調査를 측정하여 冷害의 程度 및 貯藏性을 평가한다.

3.貯藏實驗의 결과를 기초로 단감의 適正 貯藏方法을 제시한다.

2. 研究史

가. 貯藏前 處理

감 수확은 10월부터 11월에 걸쳐 실시되어 기온이 상당히 낮은 시기에 있으므로 여름 고온시의 수확과실처럼 철저한 豫備冷藏은 필요 없으나 하룻밤 정도 서늘하고 바람이 잘 통하는 창고같은 곳이거나 이슬이 맞지 않는 곳에 퍼 놓아서 과실 표면의 물기를 말리고 생리작용을 안정시킨 다음 豫冷處理하여 본 貯藏에 들어 가도록 한다. 이과정은 貯藏중 생리장해 발생을 낮출 수 있기 때문에 매우 중요한 과정이다. 특히 강우가 있는 직후 수확한 과실이나 저지대, 안개가 많은 지역에서 수확된 과실은 3-4일 충분히 음지에서 말린 후 貯藏하면 果皮 黑變現象을 막을 수 있다. 일본 농업종합연구센터의 松村은 수확과실을 바로 영하 1.5℃ - 영하 1.0℃에 貯藏하는 것보다도 입고전에 5℃에서 24시간 예냉한 후 貯藏하였을 때 분명히 1개월 이상이나 貯藏성이 향상되었다고 하였다.

나. 貯藏條件

貯藏條件에는 溫度, 濕度, 換氣의 세가지 조건이 있는데 이중에서 가장 중요한 요건이 온도이다. 저장고내의 온도에 따라 과실의 호흡량이 달라지기 때문에 단감에 가장 알맞는 조건(영하 1~0℃, 자료: 농촌진흥청)이 필요하다. 저장고내 습도가 낮아지면 증산량이 많아져서 과실이 쭈글쭈글하게 된다. 과실내의 수분이 빠져나오는 증산현상은 표피조직중의 수증기압과 외부의 수증기압이 차이가 크면 클수록 증대하며 또한

과실 주위의 공기 유통이 잘 되도록 해주면 과실의 표피가 건조되기 쉽고 증산량이 많아진다. 반대로 너무 過濕하면 부패현상이 일어나므로 貯藏庫 내의 습도는 85-90%로 유지하는 것이 좋다. 또한 저장고내에서는 과실에서 발생하는 유해가스, 과다한 습도, 지나친 고온 등으로 貯藏중의 과실에 여러가지 障害가 일어나기 쉽기 때문에 환기가 필요하다.

일본 농업종합연구센터의 松村은 농경과 원예(1990년 11월호-1991년 1월호)에서 감의 장기 貯藏에는 온도변화가 ±0.5℃이내로 제어할 수 있는 정밀도 높은 냉장고에서 영하 1.5℃ - 영하 1.0℃가 가장 적합하다고 보고하였으며, 감의 동결온도는 영하 2.5 라 하였다. 이같은 적정조건에서 단감을 다음해 7월까지 貯藏 가능하다고 하였다. 그리고 온도변화가 큰 냉장고를 사용하면 과정부(果頂部)부터 일부 후변 또는 과실 전체가 黑變되는 장해가 발생한다고 하였다. 이러한 장애는 이산화탄소 과다가 원인이라고 여겨졌으나 영하 1.0±0.5℃에서는 이산화탄소 100%의 조건아래서도 발생되지 않았다고 하였다.

다. 폴리에틸렌 필름 密封 低溫貯藏

단감의 貯藏에 관한 연구는 일본 香川大學의 博谷교수가 1960년에 처음으로 단감의 貯藏溫度에 관한 실험을 실시하여 단감의 부유종은 0℃가 가장 적당한 온도라고 발표한 후 계속 단감의 貯藏에 관한 실험을 실시하여 PE필름 포장에 의한 냉장이 단감의 貯藏에 큰 효과가 있음을 인지하고 단감의 냉장에 적합한 필름의 두께는 0.06mm라고 발표하였고, 1961년에는 PE필름 포장내의 기체조성이 산소는 5%, 탄산가스는 5~10%일때 부유 단감의 冷藏이 잘된다고 하였다.

현재 감 貯藏에서 가장 많이 쓰고 있는 방법으로 아무리 저온에 貯藏하더라도 과실은 그대로 상자에 넣어 貯藏하면 과실내의 수분이 증산작용에 의해 상실되어 증량이 감소된다. 수확시의 증량에 대하여 감량률이 3% 이내이면 별로

품질이 저하되지 않으나 5% 이상이 되면 과실 표면의 광택이 없어지고 쭈글쭈글하게 주름이 나타나 품질이 저하된다. 이러한 것을 방지하기 위해 단감의 경우 0.06mm의 폴리에틸렌 봉지 (폭 12cm×길이 45cm)에 감을 5개씩 넣어 0의 低溫貯藏을 하면 봉지안의 공기 조성이 산소 5%, 이산화탄소 5~10%로 단감貯藏에 알맞게 조성되어 4개월을貯藏하여도 감량이 1%밖에 되지 않아 환경조절(CA)貯藏과 같은 효과로 품질을 유지할 수 있다. 이때 필름 봉지의 두께는 0.1mm이상 두꺼우면 과실의 무게, 硬度의 변화는 적으나 과습되어 과피黑變이 나타나기 때문에 0.06mm 정도의 필름이 좋다고 알려져 있다. 반대로 너무 얇은 필름을 쓰면貯藏效果가 떨어지며 오히려 果皮黑變이 조장하기도 한다.

松村은 폴리에틸렌 필름으로 한개씩 포장하면貯藏性이 향상되며 과실의 적습조건이 유지되며 흑변과 같은 장해현상이 억제된다고 하였다. 1, 3, 5 혹은 15개를 폴리에틸렌 필름으로 포장貯藏하였던바 1개의 포장이 가장 좋고, 봉지내의 공기량이 가장 적은 구에서 저장성이 향상된다고 하였다. 또한 필름으로 봉지포장하는 경우에 봉지내의 온도를 영하 1℃ 그리고 습도를 50%로 유지하기 위해서 제습제의 사용이 좋다고 하였으며, 필름의 가스透過性 차이 역시 저장성에 크게 영향을 미친다고 하였다. 그리고 수확시에 과실에 작은 상처가 있으면 과피 흑변의 원이 되므로 상처나지 않도록 주의하여貯藏하는 일이 중요하며, 과육이 油浸狀으로 黑變하는 과육 장해는 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도 변화가 지속되면 발생한다고 하였다.

3. 材料 및 方法

가. 實驗材料

본 단감貯藏實驗을 위한 시료로는 승주군에서 수확된 단감을 사용하였으며貯藏實驗은 승주군의 단감영농조합의 저온창고에서 실시하였

다. 본 저온창고는 콘크리트로 건축되었으며 25평의 방 4개로 구성되었고 '93년 11월중에 완공되었다. 원래는 10월중에 완공되어 처음부터 본 저온창고에서貯藏實驗을 실시하려 했으나 완공이 늦어지는 이유로 이웃의 저온창고에서 시료를 약 1달간貯藏한 후 본 창고로 이동시켜貯藏實驗을 다음해 4월말까지 5개월동안 하였다.

시료로 사용한 단감의品種으로는 차랑과 부유를 채택하였다. 단감들은 수확하여 1일동안 음지에서 말린 후 저온창고에서 약 5℃에서 약 12시간 동안豫冷處理 한후 바로貯藏된 단감들을 선별하여 봉지처리별로 부유는 5개씩, 차랑은 3개씩 넣어 약 500여개의 단감 시료로貯藏實驗을 실시하였다. 단감을 넣어貯藏할 비닐봉지는 일신화학(주)과 한국식품개발연구원(이하 한식연)에서 공동으로 개발한 신선유지 필름으로 제작되었는데 그 필름은 에틸렌가스를 흡착하는 제올라이트 성분을 함유하고 있다. 또한 일본에서 개발된 抗菌필름, 농촌진흥청에서 개발된 두 종류의 필름 등으로 제작하여 사용하였으며 그리고 시중에서 일반적으로 사용되는 폴리에틸렌 필름 봉지를 사용하였다.

단감貯藏實驗을 위해 사용된 비닐봉지의 필름들을 설명하면 다음과 같다.

- 1) 필름 160 : 한식연과 (주)일신화학에서 공동 개발한 두께 0.06mm 필름으로 구멍이 없음.
- 2) 필름 161 : 한식연과 (주) 일신화학에서 공동 개발한 두께 0.06mm 필름으로 직경이 1mm인 구멍이 2개 뚫려 있음.
- 3) 필름 162 : 한식연과 (주) 일신화학에서 공동 개발한 두께 0.06mm 필름으로 직경이 1mm인 구멍이 4개 뚫려 있음.
- 4) 필름 180 : 한식연과 (주) 일신화학에서 공동 개발한 두께 0.08mm 필름으로 구멍이 없음.
- 5) 필름 181 : 한식연과 (주)일신화학에서 개발한 두께 0.08mm인 필름으로 직경이 1mm인 구멍이 2개 뚫려 있음.
- 6) 필름 280 : 농촌진흥청에서 개발한 두께 0.

08m 필름으로 구멍이 없음

7) 필름 380 : 농촌진흥청에서 개발한 또다른 두께 0.08 mm 필름으로 구멍이 없음.

8) 抗菌필름 D : 일본 도와에서 개발한 抗菌 필름(PZ+ 抗菌M/B 5%)으로 두께 0.06mm 필름임.

9) P.E. 필름 : 현재 승주군에서 주문 제작하여 저장용 비닐봉지로 사용하고 있는 두께 0.06mm의 폴리에틸렌 (P.E.) 필름임.

나. 實驗方法

단감의 장기 저장방법의 개발을 위하여, 문헌 조사에 기초한 저장실험 및 品質檢査에 대한 구체적 實驗方法과 實驗條件은 다음과 같다.

1. 단감의 포장필름의 종류가 貯藏特性에 미치는 영향을 분석한다.

1) 현재 사용하고 있는 폴리에틸렌 필름과 신선 유지필름 및 抗菌필름 등을 사용하여 봉지를 제작한 후 長期貯藏實驗을 실시하였다. 이때 에틸렌을 흡수하는 흡수재의 저장효과를 아울러 분석하고자 하였다.

2) 또한, 필름의 두께를 0.06 mm, 0.08 mm의 두 수준으로 실험을 실시하여 포장필름의 두께 및 필름의 구멍크기가 貯藏特性에 미치는 영향을 분석한다.

2. 단감의 저장조건 즉 溫度와 相對濕度가 저장특성에 미치는 영향을 文獻을 통하여 분석하고 適正條件을 찾아 그 수준에서 실험을 실시했다.

1) 貯藏溫度는 $0^{\circ}\text{C} \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 의 水準으로 하였다.

2) 相對濕度는 80~90%로 하였다.

3. 단감의 品種別로 상기조건에서 150일간 貯藏實驗을 실시했다.

1) 실험은 완전 임의 배치로 실시하며 품종별(부유, 차랑)로 한 봉지에 3~5개씩 넣어 무게를 단후 貯藏實驗을 실시하였다. 봉지의 크기는 약 $20 \times 60\text{cm}$ 로 했다.

4. 貯藏實驗중에 30일 간격으로 단감의 品質變化를 조사했다.

1) 시각에 의한 외관검사(色相變化, 褐變現像, 冷害程度)를 실시했다.

2) 호흡과 증발에 의한 증량손실을 조사했다.

3) Universal Instron Machine으로 단감의 硬度를 측정하였다.

4) 단감 외부의 缺點 및 冷害現像을 규명하기 위해서 CCD 카메라에 의한 영상처리 방법을 사용하여 外觀檢査를 실시했다.

5) 단감의 화학적 특성변화를 위해 당도측정기를 이용하여 糖度를 측정하였다.

다. 단감의 品質檢査方法

1) 시각에 의한 外觀檢査

부유와 차랑의 품종별 그리고 필름의 종류와 처리에 따라 貯藏된 단감을 매월 추출하여 시각적으로 外觀變化를 조사하였다. 특히 단감의 표면에 黑變現像의 유무와 그 정도를 관찰하였고 이들을 카메라를 사용하여 사진으로 찍음으로써 매달 그 變化度를 비교분석하였다.

2) 단감의 糖度 測定

단감의 糖度를 측정하기 위해서 당도측정기(digital refractometer, ATAGO, PR-1)를 사용하였다. 품종별로 처리마다 단감을 粉碎機로 粉碎하고 3반복하여 그 糖度를 측정하였다.

3) 단감의 重量變化 測定

초기에 처리별로 貯藏된 단감의 각 봉지 무게를 재고 매달 品質檢査를 위해서 추출된 시료의 봉지 무게를 측정하였으며, 이때 무게 측정을 위해 전자저울이 사용되었다. 그리고 貯藏初期의 단감 증량에 대한 증량 변화량을 계산하여 그 重量 變化度를 조사하였다.

重量 變化度(%) = (측정시의 重量 - 초기의 重量) / 초기의 重量 $\times 100$

4) 단감의 硬度 測定

Universal Instron Machine을 사용하여 매달 단감의 硬度를 品種 및 處理別로 3~5개의 단감 시료에 대해서 측정하였다. 實驗에 사용된 Universal Instron Machine의 壓縮하는 플런저(plunger)는 직경이 1mm이고 형태는 플랫(flat)타입이며 압축속도는 10 mm/s 이며, 레코더의 기록속도는 50 mm/s이었다. 단감의 硬度는 플런저에 의해 단감의 표피가 파괴되는 降伏點(bioyield point)으로 나타내었으며, 그 硬度의 단위는 kg/cm^2 로 표시하였다.

5) 컴퓨터 映像處理에 의한 外觀檢査

CCD카메라와 컴퓨터로 구성된 영상처리장치를 사용하여 단감의 색깔변화와 결점의 유무 및 정도(%) 변화를 조사하였다. 컴퓨터 영상처리 장치는 카메라로 촬영한 영상신호(analog signal)를 A/D변환기에 의해 디지털 신호로 바꾸어 디지털 컴퓨터에 입력시킴으로써 컴퓨터 내부에서 입력된 영상 신호를 처리하여 프린터와 모니터로 出力할 수 있게 구성하였다. 따라서 컴퓨터 시각에 필요한 기본 장비는 카메라, A/D변환기를 내장한 영상처리 하드웨어와 컴퓨터이다. 그리고 컴퓨터에 입력되거나 컴퓨터내에서 처리된 영상을 볼 수 있는 영상용 모니터가 필요하다. 카메라는 Sony사의 비디오 카메라(모델명: CCD-F380)를 사용하였으며 이는 셔터속도 조절기능, 자동초점 조절기능, 백색 밸런스 자동 조절기능, 역광 보정기능이 있는 카메라이었다. 본 실험에서는 이상의 여러기능에 있어 셔터속도는 1/60초, 초점조절은 수동조절, 백색 밸런스는 수동조절, 역광 보정기능의 상태에서 카메라를 사용하였다.

영상처리용 하드웨어는 Imaging Technology사의 Color Frame Graber(CFG)를 사용하였다. 하드웨어 CFG는 아날로그의 천연색 영상을 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue) 3가지 화면으로 분해하고 각 화면은 512x480x8 bit의 영상자료로 분해하도록 구성되어 있다. 그리고 이러

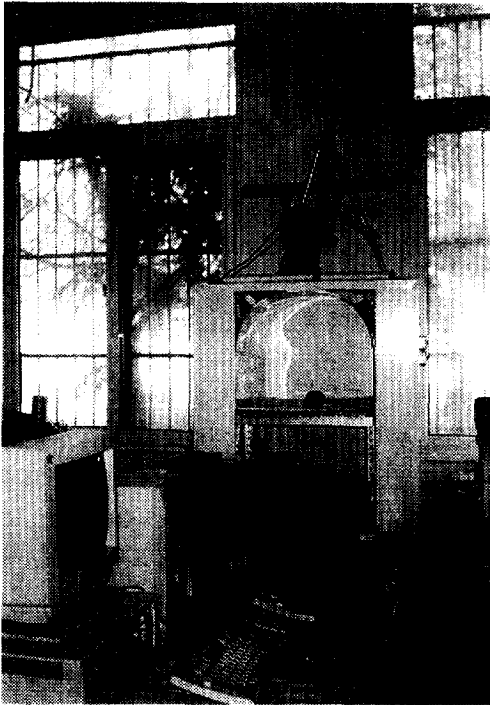
한 영상자료는 하드웨어 내부의 기억장치내에 두 영상을 기억할 수 있도록 구성되어 있다. 이 CFG는 NTSC/PAL 방식의 디코딩/엔코딩(decoding/encoding) 기능을 추가하여 본 연구에서 사용한 카메라의 영상입력이 가능하도록 하였다. 이 영상처리용 하드웨어는 ITEX-CFG라는 소프트웨어와 함께 공급되고 있는데 이 소프트웨어는 MS-C 언어를 사용하게 되어 있으며 그 내용은 200여개의 CFG 관련 함수로 구성되어 있다. 색깔의 차원은 RGB차원의외에 色相(Hue), 彩度(Saturation), 明度(Intensity)(이하 HSI라 칭함)로 나타내는 HSI차원의 영상자료 또는 그 역으로 변환하는 함수를 가지고 있다. 영상용 모니터로 Eoectrohome사의 천연색 모니터(모델명: ECM1311)를 사용하였다. 컴퓨터는 50 MHz의 클럭을 갖는 IBM-486DX계의 것을 사용하였다.

컴퓨터 시각에 의해 영상을 검사하기 위해서는 물체 영상의 특성은 가능한 두드러지게 하고 물체 영상의 배경은 가능한 단순화하도록 하는 조명장치를 사용하였다. 조명장치 설계시 전구의 불빛이 가능한 난반사가 되도록 배경을 흰색으로 물체의 그림자가 형성되지 않도록 하였고, 물체에 대한 광량이 가능한 균일하도록 아크릴판을 이용하여 직접 조명을 받지 않도록 하였다. 조명은 20W 용량의 형광등을 좌우로 1개씩 2개와 중앙부에 1개를 설치하였으며 물체의 밑부분에는 60W 백열등 4개를 설치하였다.

4. 結果 및 考察

93년 11월부터 단감 貯藏實驗을 실시하여 貯藏하기전 단감의 초기 특성을 품종별로 조사하였다. 그리고 매달 말에 단감의 品質檢査를 실시하였다. 즉 貯藏 前에 품종별로 10개의 표본을 추출하여 각각의 특성을 조사하였고 貯藏 1개월 후인 11월부터는 각 필름 종류별로 단감의 품질 변화를 조사하였다. 이들 實驗에 대한 結果 및

考察은 다음과 같다.



가. 視覺的 外觀檢査

단감의 장기저장중에 단감의 品質檢査를 하는 방법중에서도 가장 간단하고 확실한 방법은 시각에 의한 外觀檢査이다. 특히 단감의 장기저장에 있어서 가장 큰 문제점은 갈변 또는 黑變現像이기 때문에 黑變現像의 유무를 視覺的으로 매달 조사하는 것이 필요하다. 이에 초기, 貯藏 2개월후, 貯藏 3개월후 그리고 貯藏 5개월후의 단감의 貯藏狀態를 사진으로 찍어 다음과 같이 비교분석하였다.

구멍이 없는 두께 0.06mm의 일반 폴리에틸렌 필름(일명 승주필름)과 한국식품개발원(이하 한식연)의 필름봉지에 단감을 2개월 동안 貯藏한 경우 黑變現像이 나타남이 없이 잘 貯藏되었다. 구멍이 없는 0.06 mm 抗菌필름과 0.08 mm 진홍청 필름봉지에 貯藏된 부유단감에서도 아무런 문제점이 나타나지 않았다. 그러나 봉지에 직

경 1mm의 통기구멍들이 있는 경우에는 갈변현상을 보이기 시작했다. 특히 구멍이 봉지 앞뒤면에 1개씩 있는 경우보다 구멍이 봉지 앞뒤에 2개씩 있는 경우가 黑變現像이 심하게 나타났다. 그리고 봉지의 두께의 효과 즉 0.06mm와 0.08 mm의 봉지간 貯藏效果의 차이는 없었다.

품종 차이를 한식연 필름과 抗菌필름 봉지에 貯藏한 경우로서 부유 품종과 동일한 경향을 보이며 褐變 또는 黑變現像은 없었으나, 봉지에 구멍이 난 경우에는 부유 품종에 비해 대체로 그 黑變現像은 덜 나타났다. 이같은 현상은 다른 필름봉지에서도 동일한 경향과 현상을 나타내었다. 이처럼 봉지에 환기구멍이 있는 경우에는 단감의 MA(Modified Atmosphere) 貯藏이 제대로 되지 않아 탄닌성분이 불용성 상태에서 가용성 상태로 쉽게 바뀌어 진 것으로 사료된다. 보통 단감의 비닐봉지 貯藏에 있어서 생기기 쉬운 黑變現像은 봉지내의 高濕度로 인하여 생길 가능성이 높기 때문에 봉지에 2~4개의 적은 환기구를 내었으나 별 효과가 없어 貯藏 3개월 이후부터는 그 구멍처리된 봉지구의 實驗은 中斷하였다.

구멍을 뚫지 않은 0.06mm 폴리에틸렌 필름봉지(승주단감영농법인서 사용한 단감비닐봉지)에 부유 단감을 3개월 동안 貯藏한 경우에, 일부 단감에서는 벌써 黑變現像이 생기기 시작하였는데 이의 주된 원인으로는 貯藏 초기에 봉지내에 이미 생긴 水分凝縮現像 때문이라고 생각되었다. 특히 이 봉지내의 水分凝縮現像은 단감들이 충분한 豫冷處理 없이 봉지에 담았기 때문에 생긴 현상이라고 사료된다. 승주필름 봉지에 담겨 3개월 동안 貯藏된 부유단감의 경우, 일부의 단감에서 흑변 현상을 나타냈다. 이러한 이유로 승주 필름봉지에 담긴 단감들은 모두 출하되었으며, 충분한 豫冷處理후 低溫에서 봉지에 단감을 넣는 것이 단감의 貯藏性을 향상시키는 매우 중요한 요인이라고 思料되었다.

부유 단감을 한식연 필름 160에 3개월동안 貯藏한 경우 단감들은 비교적 貯藏狀態가 좋았으

며, 한식연 필름 160에 차랑품종을 3개월 貯藏한 경우에도 그 貯藏 狀態는 매우 양호하게 나타났다. 또한 抗菌필름에 차랑 품종을 3개월 貯藏한 경우에도 그 貯藏 狀態는 매우 좋았다. 3개월 동안 부유와 차랑을 貯藏한 결과 대체적으로 한식연 필름과 抗菌필름이 다른 종류의 필름에 비해 높은 貯藏性을 보였다

구멍이 봉지 앞뒤에 하나씩 있는 한식연 필름 161에 차랑을 3개월 동안 貯藏한 경우 일부 차랑단감에서 黑變現像을 보이기 시작하였다. 그러나 차랑 품종은 구멍이 뚫린 다른 필름의 봉지에서도 부유 품종에 비해 그 黑變現像이 덜 심하게 나타났다. 그리고 한 봉지내에 한 단감에 黑變現像이 생기기 시작하면 봉지내의 모든 단감에 똑같은 黑變現像이 발생하였다. 이에 黑變現像의 전이를 막기 위해서는 날개 포장하여 품질보존하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

단감의 저온 貯藏 5개월후에 단감의 저장상태를 조사한 결과 주로 양호한 상태는 한식연 필름을 사용한 경우에 많이 나타났는데 부유와 차랑 두 품종에서 비슷한 경향을 보였다. 한식연 필름 160에 부유를 5개월 貯藏한 경우에는 黑變現像 없이 잘 貯藏된 상태를 보였으며, 抗菌필름에 부유를 5개월동안 貯藏한 경우에는 黑變現像이 나타났으나 차랑의 경우에는 부유에 비해 그 黑變現像이 매우 적게 나타났다. 일반적으로 한식연 필름이 다른 필름보다 黑變現像의 발생차원에서 볼때 높은 저장성을 보였다. 그러나 대부분의 필름봉지에서는 貯藏 초기의 상태 및 예냉 처리 미숙 등으로 黑變現像이 발생하였다. 그리고 일반적으로 품종간의 차이를 보면 黑變現像이 차랑보다도 부유 품종에 더 많이 나타났다.

이같은 黑變現像의 발생원인은 일반적으로 과실내에 있는 탄닌성의 물질의 일종인 polyphenol이 그 산화효소인 polyphenol oxidase의 반응에 의해 quinon의 형태로 酸化되고 이러한 quinon류의 물질이 중합하여 흑색색소인 melanin을 형성하는 까닭으로 알려져 있다. 특히 감에 있어서는 黑變現像의 발생은 강우, 일조, 안개 등

과수원 내의 기상환경조건과 토양관리방법이나 시비량, 병충해 방제시의 약제 등과도 밀접한 관계가 있고, 저장용 비닐 봉지내의 가스조성과 습도가 黑變現像 발생의 要因이라고 알려져 있다.

따라서 黑變現像의 발생을 줄이기 위해서는 단감 收穫은 강우가 없는 날 표면에 이슬이 마른 후 수확해야 하고 수확한 단감은 그늘에서 하루 정도 通風으로 말린 후 하루정도 예냉처리하여 예냉실에서 비닐봉지에 담은 것이 좋다. 이때 가장 이상적인 비닐봉지 貯藏 처리방법은 봉지내의 습도를 약 50%로 유지하거나 眞空處理 또는 5~10%의 탄산가스 注入으로 CA(Controlled Atmosphere)貯藏하는 것이다. 또한 단감저장시 저장용 봉지의 필름 두께는 0.06mm가 가장 이상적이라고 많은 연구에서 알려져 있다. 즉 적절한 두께의 봉지를 사용함으로써 단감의 軟化和 腐敗과의 防止 및 果皮 黑變現像을 억제할 수 있다. 이에 본 연구에서도 적정 두께인 0.06mm와 0.08mm두께의 봉지가 사용되어 저장상태가 좋았으며, 특히 한식연 필름의 경우에는 에틸렌 가스를 吸着하는 제올라이트(zeolite) 성분이 필름에 포함되어 단감의 貯藏性을 높여 주었으며, 抗菌필름도 다른 필름에 비해 貯藏性을 높여 주었다고 思料된다..

나. 단감의 糖度 變化

일반적으로 단감을 저온에서 장기저장하게 되면 糖度는 조금 감소하나 그 정도는 비타민 C의 감소량에 비해 매우 적다. 그림 4-1과 그림 4-2은 부유와 차랑 단감의 貯藏期間에 따른 糖度變化를 나타낸 것이다. 그림과 같이 대부분의 처리 경우에서 貯藏初期와 貯藏 5개월후에 별 뚜렷한 차이가 없었다. 즉 그 단감들의 糖度는 약 14°Brix에서 약 15°Brix 범위에 分布하였다.

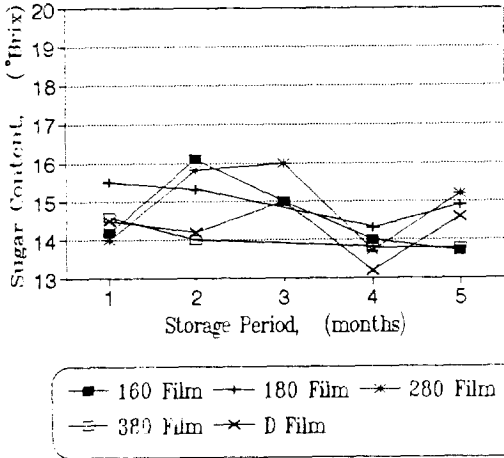


Fig 4-1. Sugar content change of Fu Yu persimmon

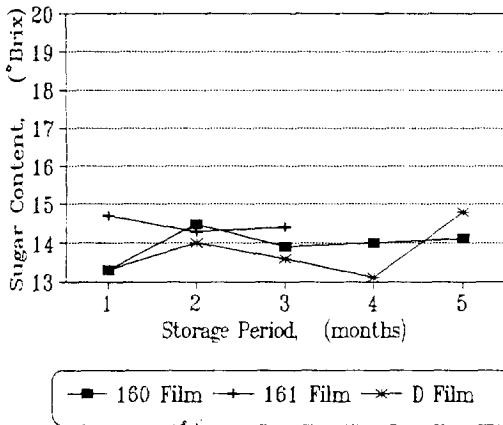


Fig 4-2. Sugar content change of Cha Ryang persimmon

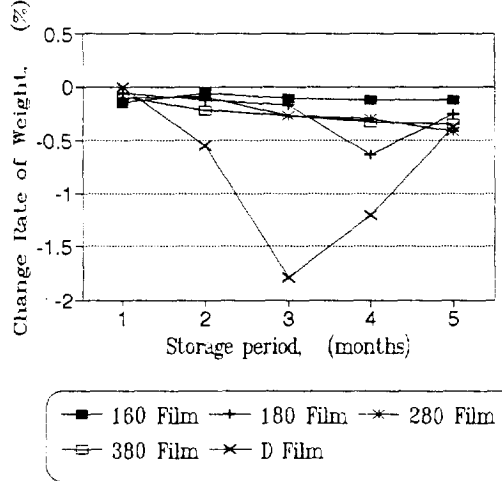


Fig 4-3. Weight change rate of Fu Yu persimmon during storage at 0°C

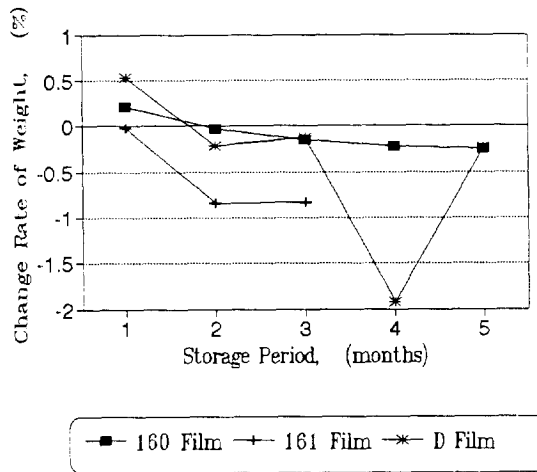


Fig 4-4. Weight change rate of Cha Ryang persimmon during storage at 0°C

다. 단감의 重量 變化

단감을 봉지 포장하지 않고서 장기 저온저장 하게 되면 일반적으로 그 단감의 중량은 상당히 감소하게 된다. 특히 그 중량 감소율이 3% 수준을 넘어서면 표피가 줄어드는 등 상품적 가치가 급격히 떨어지게 된다. 그러나 필름과 같은 봉지에 包裝하여 貯藏하면 그 중량 감소율을 줄일

수가 있었다. 그림 4-3과 그림 4-4와 같이 5개월 동안의 저장기간에도 抗菌필름(D필름)을 제외하고 모든 필름봉지에서 그 중량 감소율이 0.5% 이내로 重量變化 측면에서 그 0.06~0.08mm 두께 필름들의 貯藏性이 띠어났다. 그러나 抗菌필름에서는 한때 부유와 차량 두품중에서 공허

중량 감소율이 약 2%에 도달할 때도 있었으나 전체적으로는 별 문제가 없었다. 일반적으로 저장기간이 경과하면서 중량이 조금씩 감소하기 시작하였다. 특히 한식연 필름에서는 중량변화도가 0.3% 이내로 아주 적었으며, 봉지에 구멍이 없는 경우가 있는 경우보다 그 重量減少率이 적게 나타났다.

라. 단감의 硬度 變化

단감의 硬度는 Universal Instron Machine에 의해 측정된 壓縮強度로 표현되었으며 그림 4-5와 그림 4-6처럼 레코더에 기록되었다. 그림 4-5와 그림 4-6은 각각 저장초와 貯藏 3개월 후에 단감이 플랫폼에(직경 10mm)의 플런저에 의해 壓縮되어 표피부분이 變形을 일으키면서 파괴되는 降伏點을 나타내고 있는데 그 降伏點을 단감의 硬度로 나타내었다. 그림에서 중축은 압축강도 즉 硬度를 나타내고 횡축은 壓縮에 따른 단감표피의 變位를 나타내며 실제 변위의 5배 형태로 나타내어졌다.

저장기간에 따른 부유단감과 차량단감의 硬度 변화의 傾向이 그림 4-7과 그림 4-8에 나타나 어졌는데 대부분의 처리필름에서의 모든 단감들이 저장기간이 증가함에 따라 그 硬度가 감소하였으며 그중에서도 한식연의 160필름과 진홍청의 0.08mm 두께의 380필름에서 그 硬度의 감소율이 적게 나타났다. 부유단감의 초기 평균 硬度는 약 36 kg/cm²으로 매우 높았으며 저장기간이 증가함에 따라 점차 감소하여 5개월 貯藏후의 단감의 硬度는 약 8 kg/cm²~27 kg/cm² 범위에 있었다. 특히 필름의 두께가 0.08 mm이고 필름에 통기구멍이 없는 380필름에서는 그 硬度의 감소율이 매우 적어 5개월후의 부유단감의 硬度는 약 27 kg/cm²으로 가장 높았다. 반면에 抗菌필름의 단감 硬度가 다른 필름의 단감 硬度에 비해 낮게 나타났는데 貯藏1개월후엔 17 kg/cm² 貯藏3개월에는 13 kg/cm², 貯藏5개월후엔 9 kg/cm² 이었다. 그리고 대체로 구멍이 뚫리지 않은 필름봉지의

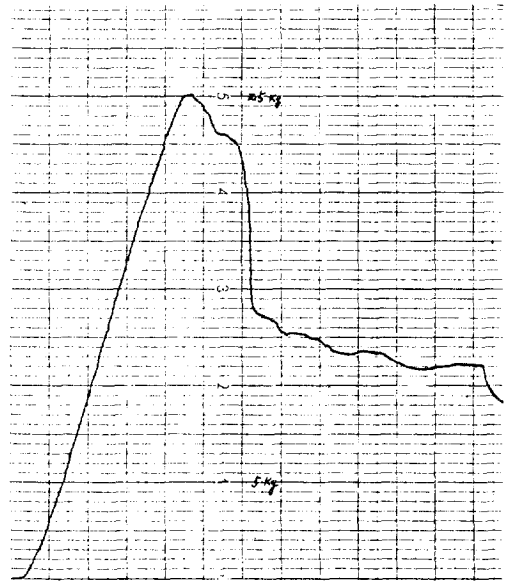


Fig 4-5. Hardness of Fu Yu persimmon before storage

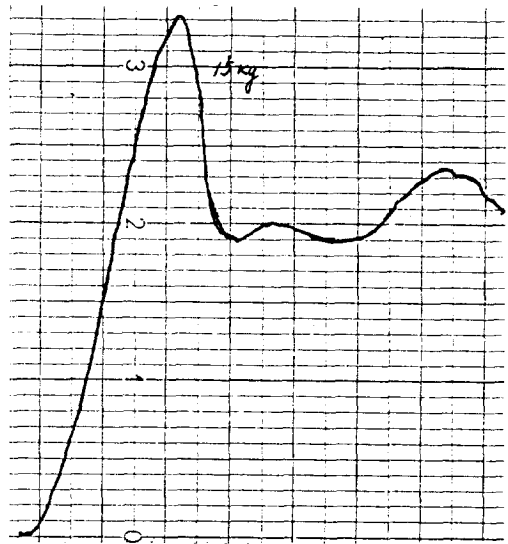


Fig 4-6. Hardness of Cha Ryang persimmon after storage of three months

단감들이 뚫린 봉지에 貯藏된 단감들보다 그 硬度가 높게 나타났다.

차량의 초기 평균 硬度는 약 31 kg/cm²이었으

나 貯藏 2개월후부터는 그 硬度가 급격히 감소하여 貯藏5개월후에는 약 8~10 kg/cm²으로 나타났다. 그림 4-8에서처럼 차량 품종은 부유에 비해 그 硬度가 저장기간이 증가함에 급격히 떨어지는 경향을 보였다. 이에 차량은 硬度측면에서 장기貯藏에는 부적합할지도 모른다고 사료된다.

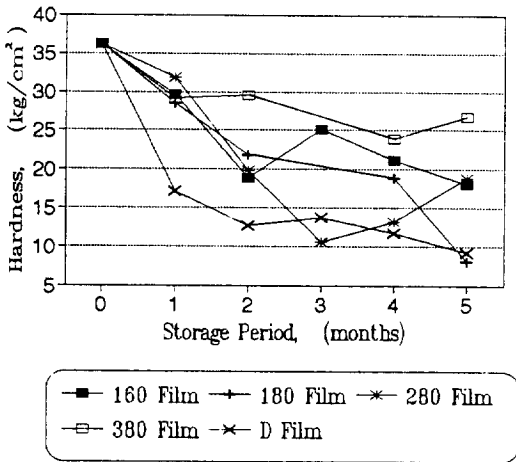


Fig 4-7. Hardness of Fu Yu persimmon according to storage period.

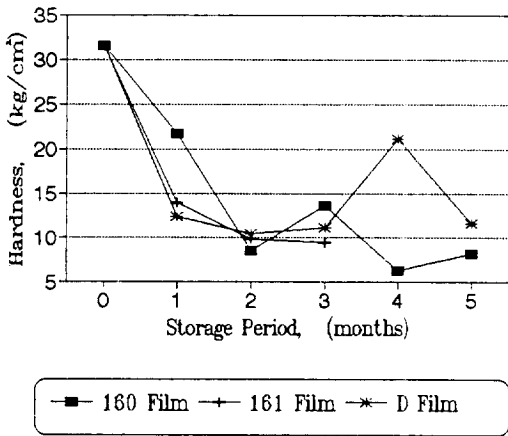


Fig 4-8. Hardness of Cha Ryang Persimmon according to storage period.

바. 映像處理에 의한 단감의 品質檢査 (缺點 및 색깔)

1) 映像處理에 의한 단감의 缺點分析

컴퓨터를 이용한 영상처리방법에 의해 저장기간에 따른 단감의 결점과 색깔의 변화를 비교분석하였다. 단감의 결점비율은 단감의 총투영면적에 대한 결점의 면적비율로 나타내어졌으며, 단감의 초기 결점비율은 0.1% 이내로 이것은 단감의 果頂部의 검은 부분을 뜻하였다. 부유단감

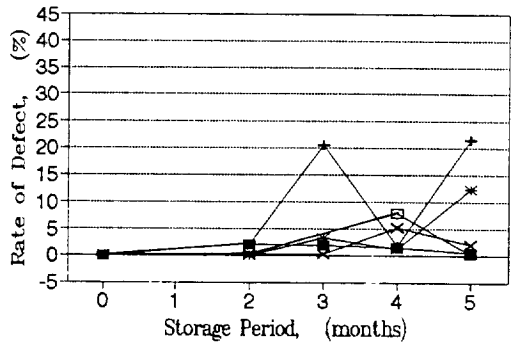


Fig 4-9. Defect rate of Fu Yu persimmon by the image processing system.

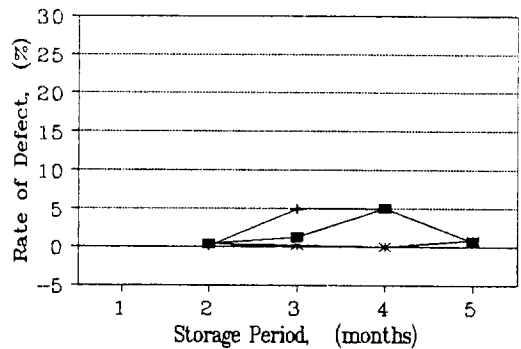


Fig 4-10. Defect rate of Cha Ryang by the image processing system.

의 저장기간에 따른 필름처리별 缺點比率은 그림 4-9와 같다. 부유단감의 결점비율은 한식연의 160필름에서 낮게 나타났는데 5개월의 貯藏後에도 0.5% 이내의 결점비율을 보임으로써 높은 貯藏性을 보였다. 그러나 다른 필름봉지에서는 그 저장기간이 증가함에 따라 그림처럼 3개월부터 그 결점비율이 증가하기 시작했다.

차량단감의 결점비율의 변화를 그림 4-10에 나타내었다. 차량의 결점비율은 한식연필름과 抗菌필름에서 조사되었는데 부유에 비해 차량의 결점비율은 낮았으며, 貯藏 5개월후에 한식연 필름에서는 0.6%, 抗菌필름에서는 0.8%의 낮은 평균 결점비율을 나타내었다. 그리고 봉지에 구멍이 있는 처리에서는 貯藏 3개월이후부터는 그 흑색현상이 심하게 나타나 그 결점비율은 더 이상 조사하지 않았다. 그러나 가끔 한 봉지내에서도 단감의 黑變現像이 심한 경우 즉 결점비율이 높은 경우가 있는데 이는 원래의 단감의 成熟度 및 기타 상태의 차이로 말미암아 발생되는 것으로 사료되었다. 따라서 가능하면 개별포장하여 이웃의 단감에 黑變現像이 옮기지 않도록 하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

2) 映像處理에 의한 단감의 색깔분석

컴퓨터 영상처리를 이용하여 단감의 색깔변화를 조사하기 위해서 明度(Intensity), 色相(Hue), 彩度(Saturation)를 저장기간에 따라 측정 분석하였다. 부유단감의 저장기간에 따른 明度, 色相, 彩度の 변화도가 각각 그림 4-11, 그림 4-12, 그림 4-13에 나타내어졌다. 그림 4-11에서 부유단감의 明度변화 즉 색깔밝기의 정도는 대체적으로 저장기간이 증가함에 따라 점차로 감소하였으나 한식연 필름에서는 그 明度の 감소정도가 가장 적게 나타났다. 이는 그만큼 한식연 필름에 저장된 부유단감의 색깔변화가 적다는 것을 의미하였다. 그림 4-12에서는 부유단감의 色相(Hue)의 변화를 나타내고 있는데 한식연필름과 280필름에서는 거의 변화가 없었으며 기타 필름에서는 그 色相값이 貯藏 3개월

후부터 증가하기 시작하였다. 그림 4-13은 부유단감의 彩度변화를 나타낸 것으로서 한식연 160필름을 제외하고 거의 모든 필름에서 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 한식연 필름160이 다른 종류의 필름에 비해 단감의 높은 저장성을 보여 주는 것이었다. 즉 彩度が 그대로 유지된다는 것은 단감에 黑變現像이 생기지 않고 잘 저장된다는 것을 의미하는 것이었다. 그리고 貯藏4개월후에 측정된 모든 결과치들이 貯藏 5개월후에 측정한 결과치들보다 전반적으로 크게 나타났는데, 이같은 현상은 貯藏4개월후 시료측정때 저온창고에서 꺼낸후 약간의 시간적 경과후 측정하였기 때문에 발생되었다.

차량단감의 明度, 色相, 彩度の 변화 역시 분석되었다. 차량단감의 색깔변화에 대한 조사분석은 한식연 160필름, 161필름, 抗菌필름에서 실시되었는데 저장성이 좋은 160필름과 抗菌필름에서는 貯藏4개월째를 제외하고는 부유단감에서처럼 그 색깔변화가 별로 없었다. 이는 한식연 160필름과 抗菌필름이 기타 필름에 비해서 저장성이 높다는 것을 의미하였다.

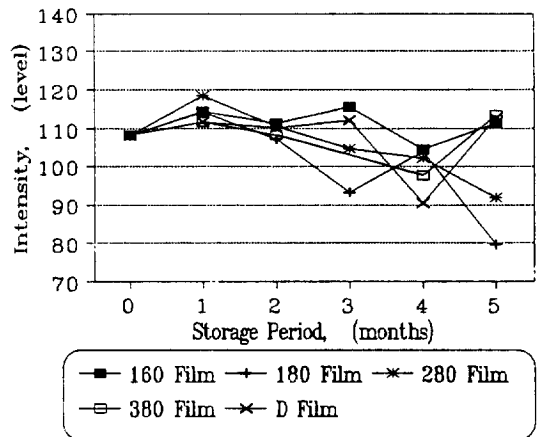


Fig 4-11. Intensity change of Fu Yu persimmon by the image processing system

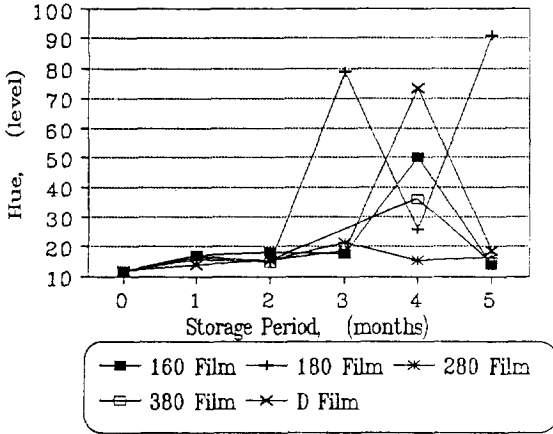


Fig 4-12. Hue change of Fu Yu persimmon by the image processing system.

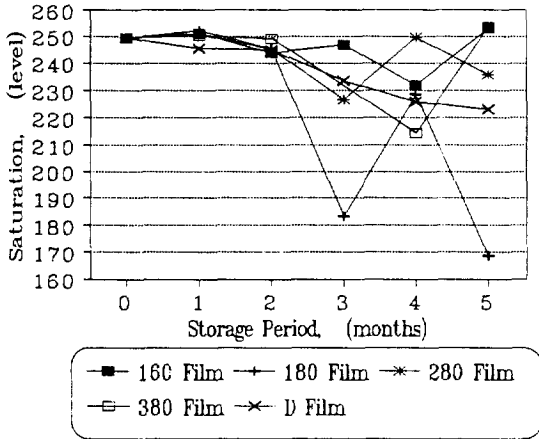


Fig 4-13. Saturation change of Fu Yu persimmon by the image processing system.

5. 結論

가. 貯藏實驗에 대한 結論

단감의 貯藏性을 높이고 단감에 많이 발생하는 黑變現像을 최소로 줄이기 위해서 여러종류의 필름봉지를 사용하여 단감 貯藏을 5개월동안 실시한 貯藏실험에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 貯藏실험에 따른 단감의 視覺的 外觀檢査에

의한 品質檢査 결과 한식연 160필름에서 黑變現像이 가장 적게 나타남으로써 높은 貯藏性을 보였다. 초기의 봉지내 수분응축현상 때문에 봉지에 통기구멍을 처리한 경우에는 貯藏性을 높이는 효과가 전혀 없었다. 즉 봉지에 통기구멍이 없는 경우가 있는 경우보다도 호흡을 감소시켜 결과적으로 黑變現像을 억제함으로써 貯藏성을 높였다. 특히, 貯藏초기에 봉지내에 형성된 水分凝縮이 黑變現像을 초래하는 주요인으로서 사료되었다. 또한 차랑품종이 부유에 비해 약간 貯藏性이 높게 나타났다.

2. 단감의 糖度는 貯藏初期나 貯藏5개월후에도 필름과 품종별에 따라 차이가 없었으며 그 당도치는 14° Brix-15° Brix의 사이에 분포하였다.

3. 貯藏기간에 따른 단감의 重量減少率은 한식연 필름에서 0.3%로 가장 적게 나타났으며 抗菌필름에서는 약 2%까지 도달한 것도 있었고 기타의 필름에서는 약 0.5% 수준이었다. 봉지에 구멍이 처리되어 있는 경우에는 그 重量減少率에 없는 경우의 필름에 비해 더욱 심하였다.

4. 대부분의 처리필름에서의 모든 단감들이 貯藏기간이 증가함에 따라 그 硬度가 감소하였으며 그중에서도 한식연의 160필름과 진홍청의 0.08mm 두께의 380필름에서 그 硬度의 감소율이 적게 나타났다. 부유단감의 초기 평균 硬度는 약 36 kg/cm²으로 매우 높았으며 貯藏기간이 증가함에 따라 점차 減少하여 5개월 貯藏후의 단감의 硬度는 약 8 kg/cm²~27 kg/cm² 범위에 있었다. 그리고 대체로 구멍이 뚫리지 않은 필름봉지의 단감들이 뚫린 봉지에 貯藏된 단감들보다 그 硬度가 높게 나타났다. 차랑의 초기 평균 硬度는 약 31 kg/cm²이었으나 貯藏 2개월후부터는 그 硬度가 급격히 감소하여 貯藏 5개월후에는 약 8~10 kg/cm²으로 나타났다. 차랑단감은 부유에 비해 그 硬度가 貯藏기간이 증가함에 급격히 떨어지는 경향을 보였다. 이에 차랑은 硬度측면에서 장기저장에는 不適合할지도 모른다고 思料되었다.

5. 부유단감의 缺點比率은 한식연의 160필름에서 낮게 나타났는데 5개월의 貯藏후에도 0.5% 이내의 결점비율을 보임으로써 높은 貯藏性을 보였다. 그러나 다른 필름봉지에서는 그 저장기간이 증가함에 따라 저장3개월부터 그 缺點比率이 증가하기 시작했다. 차량의 결점비율은 한식연필름과 抗菌필름에서 조사되었는데 부유에 비해 차량의 缺點比率은 낮았으며, 貯藏 5개월후에 한식연 필름에서는 0.6%, 抗菌필름에서는 0.8%의 낮은 평균 缺點比率을 나타내었다.

6. 부유단감의 明度 변화 즉 색깔값의 정도는 대체적으로 저장기간이 증가함에 따라 점차로 감소하였으나 한식연 필름에서는 그 明度の 감소 정도가 가장 적게 나타났다. 이는 그만큼 한식연 필름에 貯藏된 부유단감의 색깔변화가 적다는 것을 의미하였다. 부유단감의 色相(Hue) 변화는 한식연필름과 280필름에서는 거의 변화가 없었으며 기타 필름에서는 그 色相값이 貯藏 3개월후부터 증가하기 시작하였다. 彩度 변화에서는 한식연 160필름을 제외하고 거의 모든 필름에서 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이러한 現象은 한식연 필름 160이 다른 종류의 필름에 비해 단감의 높은 貯藏性을 보여 주는 것이었다.

차량단감의 색깔變化에 대한 調査分析은 한식연 160필름, 161필름, 抗菌필름에서 실시되었는데 貯藏性이 좋은 160필름과 抗菌필름에서는 貯藏 4개월째를 제외하고는 부유단감에서처럼 그 색깔변화가 별로 없었다. 이는 한식연 160필름과 抗菌필름이 기타 필름에 비해서 단감의 색깔 변화 측면에서 貯藏性이 높다는 것을 의미하였다.

나. 단감의 適正 長期貯藏方法에 대한 提案

단감의 長期貯藏에 대한 文獻과 研究史, 實際의 貯藏實驗 및 經驗 등을 통하여 다음과 같이 단감의 收穫 이후 長期貯藏方法을 提示하고자 한다.

1. 단감의 收穫은 完全 成熟때보다는 약간 未

成熟의 適正時期에 하도록하며, 오전보다는 오후에 收穫하여 단감의 表面에 물기가 없을때 하도록한다. 收穫할 때에는 가능한 단감표면에 손상이 가지 않도록 한다.

2. 收穫된 단감은 약1-2일 정도 그늘진 곳에서 충분히 通風으로 말리며 1일정도는 약 5에서 豫冷處理 하도록 한다. 그리고 豫冷場所(低溫倉庫)에서 0.06mm 두께의 적정 비닐봉지에 선별된 단감을 가능하면 個別包裝하며, 봉지내에는 相對濕도가 50% 수준을 유지하도록 제습제를 넣도록 한다. 이렇게 함으로써 貯藏중 봉지내에 水分凝縮現象이 일어나지 않도록 방지한다. 손상을 입은 단감은 봉지에 넣기전에 큐어링(curing, 치료)이 필요하며 가능한 長期貯藏보다 빨리 출고시키는 것이 좋다.

3. 低溫倉庫의 溫度는 영하 $1.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 를 유지하도록 하며 相對濕도는 85%에서 90%사이를 유지하도록 한다. 또한 電源이 나갈 경우에 대비해서 自動安全裝置를 갖춘 보조발전기를 갖추어야 한다. 이때 低溫倉庫가 일정한 온도를 유지하기 위해서는 冷凍機 性能이 매우 우수해야 하며 저온창고 역시 斷熱性이 높아야 한다.

4. 봉지는 가능하면 에틸렌 가스를 吸着하는 제올라이트 成分이 포함된 필름으로 제작되는 것이 좋다. 또한 봉지의 크기는 단감이 들어갈 수 있을 정도로 가능하면 작게하여 봉지내의 적정 가스 造成이 빨리 이루어지도록 함으로써 단감의 呼吸을 최대한 抑制해야 한다.

參 考 文 獻

김용석 외 4인, 1989. 단감 貯藏중에 발생하는 과피黑變現象의 발생원인과 그 방지에 관한 연구. 농사시험연구논문집(원예편) 제 31권 제3호, p. 62-72.

민병용, 오상룡, 1975. Polyethylene film 포장에 의한 단감의 CA貯藏에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7권 3호. p 128-134.

손영구 외 2인, 1981. Poly Ethylene Film 밀봉

에 의한 감貯藏에 관한 연구, 농업기술연구소, 농시보고 제 23편, p.95-102.

이재창, 황용수, 1993. 감의 탈삼과 탈삼후貯藏력 증진에 관한 연구, 대산 농촌문화재단 보고서.

윤인화 외 2인, 1979. 원예작물가공저장에 관한 연구- 감貯藏에 관한 시험-, 농공-농이-17 보고서, 농촌진흥청.

해외선진농업기술, 1993. '필름의 가스투과성 차이가 저장성에 크게 영향을 미친다', 감나무의 생리생태-貯藏의 생리-.

Ruth Ben-Arie and Y. Zutkhi, 1992. Extending the storage Life of 'Fuyu' Persimmon by Modified-atmosphere Packing, Hort Science Vol. 27(7).