

## 투과광을 이용한 밀병 사과의 판별 가능성 및 영향인자 조사

손미령 · 정경원 · 조래광  
경북대학교 농화학과

### A Study on Discrimination of Watercore Apple using Transmitted Light and Effects of various Factors

Mi-Ryeong Sohn, Kyung-Won Jung and Rae-Kwang Cho\*  
Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University

#### Abstract

Watercore influences storage and distribution industry of fruit. Therefore, the technique for nondestructive discrimination of watercore fruit is needed. This work reports about the possibility of watercore discrimination of apple using transmitted light, and the effects of various factors. CCD camera was used to capture images of each apple fruit. An excess watercore apples were higher light transmission score than little watercore apples. The accuracy for discrimination of watercore apple was about 70% using transmitted light. Peel thickness, anthocyanin layer thickness and density of apple affected the light transmission. Apples having thin peel, thin pigment layer and low density tended to high transmitted light score. Apples of good color degree were more probability of existence watercore than ones of bad color degree. But color distribution of apple peel was not correlated with watercore.

Key words : apple fruit, watercore, light transmission, peel thickness, anthocyanin

#### 서 론

사과의 밀병(watercore)은 잎으로부터 sorbitol의 형태로 과실로 전류되던 당이 성숙이 진행됨에 따라 과당 등으로의 전류능력이 저하되어 sorbitol 상태 그대로 세포내 및 세포와 세포 사이의 공극에 집적되어 나타나는 비정상적인 현상으로 축적된 후에는 삼투압의 급증으로 수침상이 발생한다(1-4). 밀병은 과심부와 과육부로 퍼져 황색 또는 황록색의 반투명한 상태가 되는데 후지사과의 경우 과심부로 확대되는 경우가 많으며 조나골드, 텔리셔스 등의 품종과 함께 밀병발생이 현저하다. 밀병이 들어있는 사과는 sorbitol 함량이 많아 감

미가 높고(5) 특유의 향기를 발생하므로 수확직후에는 소비자들이 선호하는 경향이 있지만 저장 중에는 그 부위를 중심으로 과육이 갈변되고 부패가 일어나 상품 가치를 잃게 된다. 사과의 밀병장애는 저장방법에 따라서도 다소 차이가 있지만(6) 대체로 밀병이 없는 사과의 경우 장기저장이 가능한 반면 밀병이 많이 든 사과는 저장성이 낮은 것으로 알려져 있다. 따라서 밀병의 존재 유무는 사과 저장 및 유통 산업의 성패에 크게 영향을 미친다고 할 수 있으며 과실내 밀병의 유무를 비파괴적으로 판별할 수 있는 기술이 필요한 실정이다. 밀병의 비파괴측정에 관한 기존의 연구를 살펴보면 1964년 Birth와 Olsen이 광학 밀도 차이를 응용하여 밀병 사과를 선별할 수 있는 연구를 발표하였으며(7), Throop 등이 1989년 사과의 평균 반경과 투과광을 측정하여 밀병 사과를 구별할 수 있는 가능성(8)과 1994년 밀병판별에 있어서 camera system의 영향에 관

Corresponding author : Rae-Kwang Cho, Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University Taegu 702-701, Korea  
E-mail : rkcho@kyungpook.ac.kr

한 연구를 각각 보고한 바 있다. 또한 미국 Trebor사가 고안한 투광과 방식의 밀병 판별 전용 장치가 개발되어 있기는 하지만 아직까지 연속선과기로서 그 실용성이 결여되어 있는 편이다.

본 연구에서는 사과 조직을 투과한 광선을 CCD카메라를 이용하여 영상처리한 후 투광량에 따른 밀병존재 유무의 판별을 시도하였으며, 투광량과 밀병판별에 있어서 과피 두께, 색소층 두께, 과실밀도, 안토시아닌 농도, 착색정도 및 착색분포 등의 영향을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에서 사용한 후지사과(Fuji apple)는 경상북도의 안동, 영천, 청송 등지에서 수확한 것으로 구입 후 저온고(10℃)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### RGB 촬영 및 영상데이터 분석

사과의 밀병 유무 및 착색정도, 착색분포는 CCD 카메라(512×512 byte, XC-711, SONY Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며 촬영한 영상은 library program(Imaging Technology Inc., USA)을 이용해 영상 처리에 적합하도록 프로그래밍한 MFG software를 사용하여 분석하였다.

### 밀병(watercore) 측정

투광량 측정을 위한 광원은 슬라이드 프로젝트의 광원(300 watt halogen lamp, Kodak)을 사용하였다. 슬라이드 프로젝트 위에는 사과가 안정하게 놓일 수 있고 외부로 광이 노출되지 않도록 하기 위하여 1cm 두께의 스펀지를 고리 모양으로 잘라 부착시켰다(Fig. 1). 사과를 스펀지 위에 올려 두고 광을 조사하면 광원에서 조사된 빛의 일부가 사과에 투과되는데 이때 내부 밀병의 정도에 따라 투과되어 나오는 빛의 양이 달라지게 된다. 이를 정보화 하기 위하여 광원의 조사방향과 90° 되는 위치에 CCD 카메라를 고정시켜 두고 사과에 광이 투과되는 영상을 취하였다. 외부 광원에 의한 오차를 최소화하기 위해서 모든 장치는 암막 처리된 상자 내에서 측정하였다. 취득된 영상은 흑백의 밝기만 있으면 되므로 8 bit의 Gray image로 전환하였는데 전체 픽셀 수는 262,144(512×512)개이고 이 픽셀은 8bit 영상이므로 각각 0에서 255까지의 등급을 갖는 데이터이다. 이들의 등급을 모두 합한 후 전체 픽셀 수(262,144)만큼 나누어 투광량의 평균 밝기를 수량화

(light transmitted score)하였으며 이 값을 실제 과육을 절단하여 내부의 밀병 유무와 상호비교함으로써 사과와 밀병 존재 확률을 계산하였다.

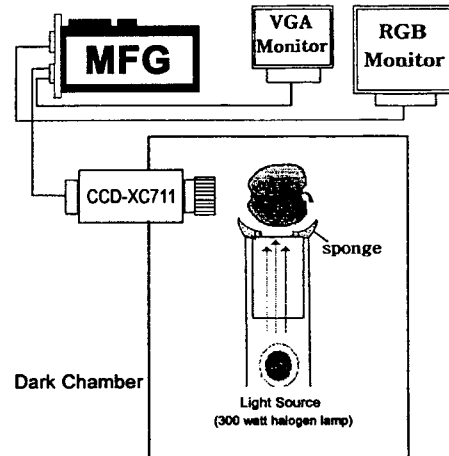


Fig. 1. Schematic diagram of image capture of apple using CCD camera.

### 과피 및 색소층 두께 측정

사과를 가로, 세로 및 높이가 1cm 가량되게 면도칼로 자른 후 -4℃이하에서 동결시킨 다음 -20℃로 맞춰진 동결박절기(Cryocutter 855, America optical Co., USA)내에서 약 5분간 방치한 후 12μm 두께로 절단하였다. 절단된 조직은 slide glass에 올린 후 cover glass로 덮어 봉입한 후 광학현미경(CH-2, Olympus Co., USA)을 사용하여 400배의 배율로 관찰하였다. 1 시료당 3절편을 취하였고 각 절편당 3부위를 관찰하여 1 시료 당 총 9회 측정한 후 그 값들을 평균하여 데이터로 사용하였다.

### 밀도 측정

물이 가득 찬 용기에 사과를 천천히 잠기게 한 후 넘쳐난 물의 양과 사과 중량을 사용하여 밀도를 구하였다.

### 안토시아닌 농도 측정

사과과피를 95% 에탄올과 염산의 혼합 용액(85:15, v/v)에 담그고 암실에서 24시간 추출한 후 여과하여 535nm에서 측정된 흡광도로 나타내었다.

### 착색정도 및 착색분포 측정

사과를 시료대 위에 올려놓고 백색 광원을 이용해

좌우에서 광을 조사하였다. 이때 붉은 정도를 수량화하기 위해 사과 위에 CCD카메라를 고정시켜 두고 영상을 취득하였다. 취득된 color 영상은 Red, Green 및 Blue 성분으로 분리한 후 그 중 red value만을 사용하였다. 전체 사과 영상에 대해 red value의 합을 픽셀수로 나눈, 즉 red value의 평균값(mean value)으로 사과의 착색정도를 나타내었는데 mean value가 높을수록 착색정도가 좋고 mean value가 낮을수록 착색정도는 나쁨을 의미한다. 착색분포는 취득한 red value에서 표준편차(SD)를 구한 것으로 SD value가 크면 착색이 불균일하게 분포된 것이고 SD value가 작으면 착색이 고르게 분포된 것을 의미한다.

## 결과 및 고찰

### 투광광에 의한 밀병 판별 가능성

밀병이 들어 있는 사과는 광선이 밀병 부위를 쉽게 통과하여 사과의 윗부분까지 밝게 보였으며 밀병이 들어 있지 않은 사과의 경우, 조사된 빛은 대부분 산란되고 투과하기 어려워 어두운 경향을 나타내었다. 사과시료의 투광량 데이터는 1.79에서 38.49까지의 분포를 나타내었으며 CCD카메라에 의한 사과의 투광량 데이터와 실제 사과 내부의 밀병 유무와 상호비교한 결과, 투광량 데이터 13.4를 기준으로 하였을 때 13.4 이상일 경우 실제 밀병이 존재하였으며, 13.4 이하일 경우는 거의 밀병이 존재하지 않는 경향이였다(Fig. 2). 투광량 13.4를 기준으로 사과내의 밀병 유무를 판별한 결과, 전체 165개의 사과 중 115개는 정확히 판별할 수 있었으나 50개의 사과는 판별할 수 없었다. 투광량

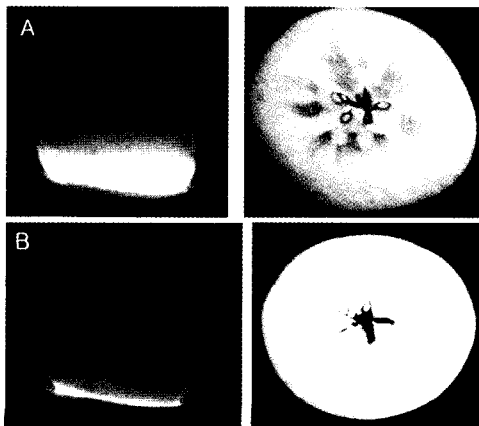


Fig. 2. Whole and section of apple fruit with high(A) and low(B) light transmitted score.

에 의한 밀병 판별 정확도는 약 70%로서 정확도는 다소 낮았는데 이는 투광된 빛을 밝은 정도로만 취하였기 때문인 것으로 생각되며 근적외 영역의 흡수파장을 이용한 밀병의 판별 가능성도 조사중에 있다.

### 투광량에 영향을 주는 인자

투광량에 의한 밀병 판별에 있어 영향을 줄 수 있는 요소인 과피 두께, 색소층 두께, 과피의 안토시아닌 농도 및 과육밀도 등을 조사하여 CCD카메라에 입력된 투광량과의 상관관계를 조사하였다.

과피두께는 Fig. 3에서 보는바와 같이 과피 가장자리의 wax층 하단에서부터 과육조직 이전까지의 부분을 나타낸다. Fig. 4는 투광량이 높은 시료와 낮은 시료 각 80점을 선별하여 투광량과 과피두께간의 상관성을 조사한 그래프이다. 투광량이 높은 시료 총 80점 중 60점의 과피두께가 투광량이 낮은 시료의 과피두께보다 얇은 경향을 나타내어 전체적으로 과피두께와 투광량간에는 역의 상관성이 있음을 알 수 있다.

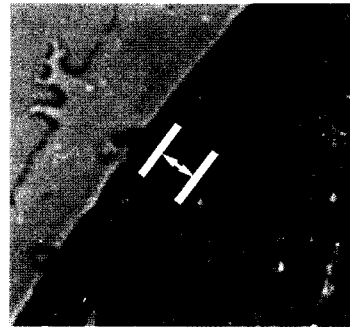


Fig. 3. Light micrograph( $\times 400$ ) of apple peel; arrow indicates the peel thickness.

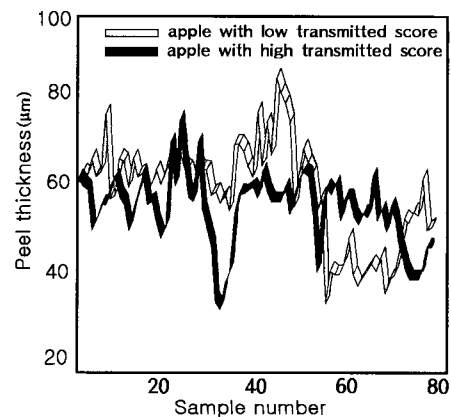


Fig. 4. Peel thickness of apples with high or low light transmitted score.

색소층은 Fig. 5에서 보논바와 같이 과피 중 세포벽 및 색소층이 시작되기 전에 존재하는 공극부분을 제외한 색소층만의 두께를 나타낸다. 색소층 두께와 투광량과의 상관관계를 조사한 Fig. 6에서 보논바와 같이 투광량이 많은 시료의 경우 색소층의 두께가 얇은 반면 투광량이 적은 시료의 경우 색소층이 두꺼운 경향을 나타내어 색소층의 두께와 투광량간에 역의 상관성이 있음을 알 수 있다.

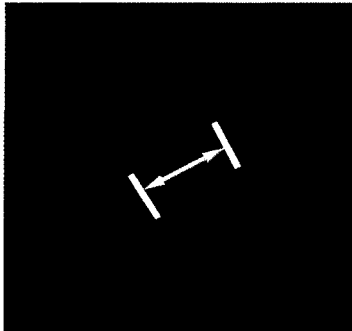


Fig. 5. Light micrograph( $\times 400$ ) of pigment layer of apple peel; arrow indicates the thickness of pigment layer.

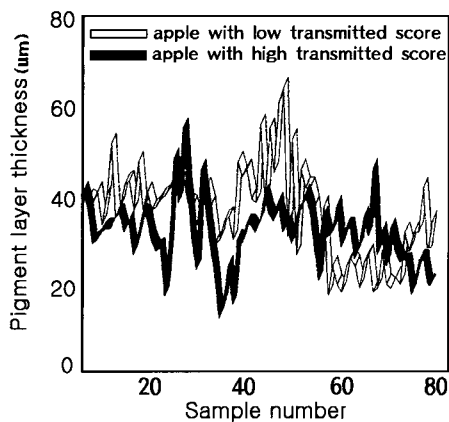


Fig. 6. Thickness of pigment layer of apples with high or low light transmitted score.

투광량과 안토시아닌 함량간에는 Fig. 7에서 보논바와 같이 일정한 경향성이 없었으며 안토시아닌 농도가 투광량에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

투광량과 과육 밀도간에는 부의 상관성을 나타내었다(no data). 즉, 밀도가 낮은 사과와 경우 투광량이 높고 밀도가 높은 사과와 경우 투광량이 낮은 경향을 나타내어 과육 밀도가 투광량에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

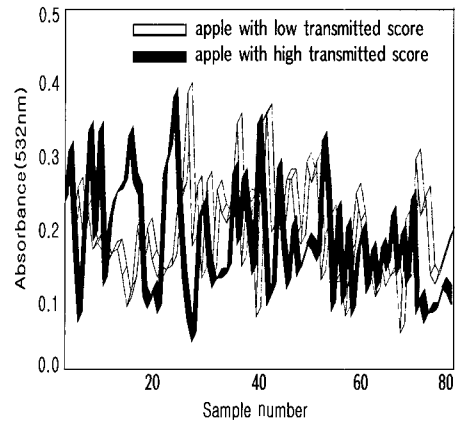


Fig. 7. Anthocyanin content of apples with high or low light transmitted score.

#### 착색정도, 착색분포가 밀병판별에 미치는 영향

실제 육안판별에 의해 착색정도가 좋은 것과 나쁜 것으로 분류된 사과시료 각 32점의 mean value 분포를 Fig. 8에 나타내었다. 착색정도가 좋은 시료들은 mean value가 높은 반면 착색정도가 나쁜 시료들은 mean value가 낮은 경향을 나타내었다. 착색분포가 고른 시료와 편이한 시료들의 SD value 분포는 Fig. 9에서 보논바와 같은데, 착색분포가 고른 것은 낮은 SD value를 나타내고 착색분포가 편이한 것은 높은 SD value를 나타내었다. 이 결과로부터 CCD 카메라를 사용하여 착색정도와 착색분포에 따른 사과 선별이 가능함을 알 수 있었다.

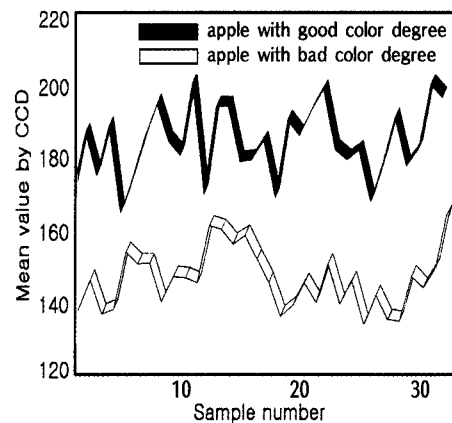


Fig. 8. Mean value of apple fruits with good or bad color degree; color degree was distinguished by naked eye.

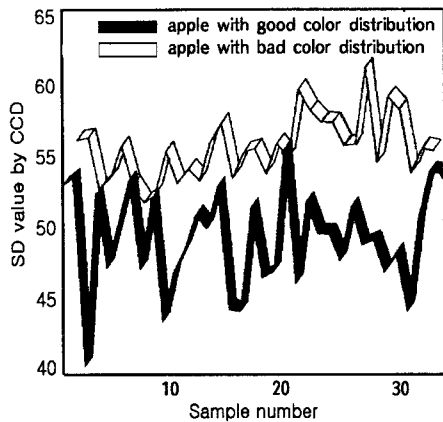


Fig. 9. Standard deviation value of apple fruits with good or bad color distribution; color distribution was distinguished by naked eye.

착색정도 및 착색분포에 따른 밀병 분포를 조사한 결과, 착색정도가 좋은 사과의 경우 밀병이 존재할 확률은 22%이었으며 착색정도가 나쁜 사과의 경우는 6.2%를 나타내어 착색정도가 좋은 사과일수록 밀병이 존재할 확률은 높았다. 착색분포가 고른 사과와 편이한 사과에 있어서 밀병이 존재할 확률은 각각 16%와 11.7%로 나타나 착색분포와 밀병 유무와는 거의 상관이 없음을 알 수 있었다.

## 요 약

밀병(watercore)은 과실의 저장 및 유통 산업에 있어서 큰 영향을 주므로 이를 비파괴측정할 수 있는 기술이 필요하다. 본 연구에서는 투과광을 이용한 사과의 밀병 판별 가능성과 밀병 판별에 영향을 미치는 인자들을 조사하였다. 사과의 화상데이터는 CCD 카메라를 사용하여 영상을 취득하였다. 밀병이 많이 든 사과는 밀병이 적게 든 사과보다 투과량이 더 많았으며 투과량에 의한 사과의 밀병 판별 정확도는 약 70%이었다. 사과의 과피두께, 색소층 두께, 과육밀도 등이 투과량에 영향을 미치는데 과피와 색소층의 두께가 얇고 과육밀도가 낮을수록 투과량은 높은 경향을 나타내었다. 사과의 착색정도가 좋을수록 밀병이 존재할 확률이 높았으며 착색분포는 밀병판별에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. Meheriuk, M., Prange, R.K., Lidster, P.D. and Porritt, S.W. (1982) Postharvest disorders of apples and pears. Agricultural Canada Publication inc., Canada p.39-41
2. Jones, A.L. and Aldwinckle, H.S. (1990) Compendium of apple and pear disease. The American Phytopathological Society, APS Press, U.S.A. p.91
3. Batjer, L.P. and Williams, M.W. (1966) Effect of Alar on watercore and harvest drop of apples, *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **88**, 76-79
4. Williams, M.W. and Billingsley, H.D. (1973) Watercore development in apple fruit as related to sorbitol levels in the tree sap and to minimum temperatures, *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **98**, 205-207
5. 권영한 (1986) 오늘의 사과재배, 전원출판사
6. Hung, Y.C., Hao, Y.Y., Tollner, E.W. and Upchurch, B.L. (1994) Physical properties and storage stability of apples affected with watercore disorder, *Transactions of the ASAE*, **37**(4), 1249-1253
7. Birth, G.S. and Olsen, K.L. (1964) Nondestructive detection of watercore in delicious apples, *Amer. Soci. Hort. Sci.*, **85**, 74-84
8. Throop, J.A., Rehkugler, G.E. and Upchurch, B.L. (1989) Application of computer vision for detecting watercore in apples, *Transaction of the ASAE*, **32**(6), 2087-2092
9. Throop, J.A., Aneshansley, D.J. and Upchurch, B.L. (1994) Camera system effects on detecting watercore in 'Red Delicious' apples, *Transactions of the ASAE*, **37**(3), 873-877

(접수 2000년 9월 4일)