

가시광선 및 근적외선 투과스펙트럼을 이용한 내부 갈변 사과들의 신속 검출

Detection of Abnormal Apples with Internal Browning Using Visible/NIR Spectroscopy

이강진* 이호영*¹⁾ 권현중** 손재룡* 강석원* 최완규*
K. Lee* H. Lee* H. Kwon** J. Son* S. Kang* W. Choi*

1. 서론

저장고의 취급 기술이 미흡하거나 정전 등으로 인한 저장고의 오작동에 의해 발생하는 사과의 내부 갈변과는 매년 전국적으로 여러 농가에서 발생하는 것으로 보고되고 있다. 이 내부 갈변과는 농업인이 외관을 보고 판정하기 어렵기 때문에 초기에는 시장에 정상과와 같이 섞여서 유통되지만 소비지에서 갈변과가 발견되면, 생산 농가는 정상적인 과일까지도 판매할 수 없게 되어 손실 정도가 더욱 커지게 된다. 따라서 갈변과가 발생한 농가에서 더욱 커지게 되는 손실을 줄이기 위해서는 정상과와 갈변과를 구분해 낼 수 있어야 한다.

근적외선을 이용한 비파괴 선별기로 과일 내부의 결함 검출은 가능한 것으로 알려져 있으나, 그동안 국내에 내부 갈변과의 발생 빈도가 높지 않았기 때문에 갈변과 검출을 위한 연구가 활발히 이루어지지 못했다. 본 연구에서는 사과의 가시광선 및 근적외선 투과스펙트럼을 이용하여 저장 중 발생한 갈변 사과를 신속하게 검출하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 재료

2005년 10월, 경북 군위군 소보면에 위치한 원예연구소 사과시험장에서 생산된 정상 사과 45개와 경북 문경 소재 농가에서 생산된 후지 사과 45개를 두 곳의 저장고에서 2006년 3월에 꺼내어 본 연구의 공시 재료로 이용하였다. 문경 소재 농가에서는 저장 중에 내부 갈변이 심하게 발생한 것으로 보고된 바 있었고 이 연구의 마지막 절단 확인과정에서도 45개 중 30개의 사과에서 내부 갈변이 발생한 것으로 확인할 수 있었다.

나. 시험 방법

공시 재료 90개에 대하여 사과시험장에 설치된 비파괴 사과선별기(Hansung ENG. co.)를 이용하여 0.45m/s의 속도로 이송시키면서 4 반복하여 총 360개의 투과스펙트럼을 획득하였다. 선별기에 놓여지는 사과의 자세가 갈변과 검출 정확도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 사과는 꼭지를 위로 하여 2회, 꼭지를 아래로 하여 2회 반복하여 측정 후 공시 재

* 농촌진흥청 농업공학연구소 수확후처리공학과

** 농촌진흥청 원예연구소 사과시험장

료를 4등분으로 절단하여 내부의 갈변 여부를 검사하였다.

갈변 정도를 정량화하기 위하여 사과시험장 전문가가 사과의 내부 상태를 보고 정상일 경우 0, 내부 전체가 갈변되었을 때를 5로 한 갈변 지수를 사과마다 매겼으며, 투과스펙트럼의 특성 변화를 관찰하여 내부 갈변 지수를 신속히 예측할 수 있는 가능성을 구명하였다.

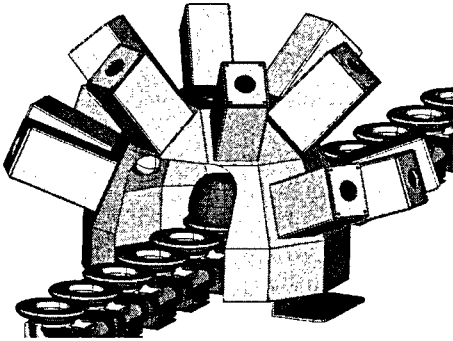


Fig. 2 Transmittance measuring system

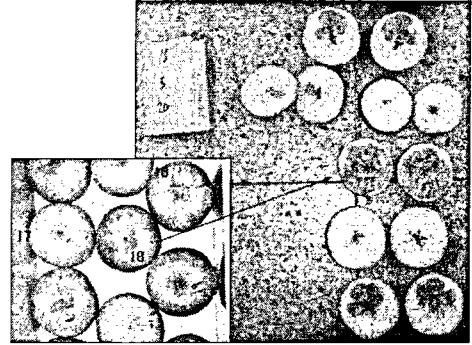


Fig. 3 Internal and external appearance of apples

3. 결과 및 고찰

가. 공시 재료

저장중 갈변이 발생한 사과라도 겉보기에는 정상과와 거의 같아서 일반인이 갈변과 여부를 판단하기는 어려운 것으로 판단되었다.(그림 2), 또한 갈변의 위치나 모양도 사과에 따라 다양하게 나타남을 알 수 있었다.

나. 투과스펙트럼

658nm에서 950nm 사이의 후지 사과의 투과스펙트럼을 측정된 결과는 그림 3에 나타낸 바와 같다.

대부분의 스펙트럼 형상은 721nm와 826nm 부근에서 피크가 나타났다.

첫 번째 피크인 721nm의 크기는 정상과에서 갈변과보다 월등히 컸으며, 갈변과로 갈수록 두 번째 피크인 826nm의 값이 더 증가되어 피크의 크기가 역전되는 경향을 보였다.

다. 내부 갈변과 피크

사과의 꼭지부부터 꽃받침부까지 갈변이 전반적으로 심하게 나타난 완전 갈변과의 투과스펙트럼을 그림 4에 나타내었다.

그림에서 알 수 있듯이 826nm 부근의 피크의 크기가 721nm 부근에서 나타나는 피크의 크기보다 높은 것을 알 수 있다.

라. 사과의 자세와 피크

정상과에 비해 갈변과에서 나타나는 피크의 역전 현상은 모든 갈변과에서 나타나지는 않았다. 갈변이 발생한 위치가 꽃받침부, 즉 광검출센서의 바로 위의 사과에 갈변이 없고 정상일 경우에는 정상과와 같은 투과스펙트럼의 특성을 나타내었다.

그림 5는 선별기의 위에 사과와 사과를 아래로 놓이도록 한 경우의 투과스펙트럼을 나타낸 것이다. 갈변이 과정부에서 발생하고 이 부분을 센서 쪽으로 위치할 경우 투과스펙트럼의 피크의 크기가 역전되는 형태로 나타나는 것을 알 수 있었다.

이러한 피크의 역전 현상은 과육과 과피 색에 영향을 많이 받는 721nm에

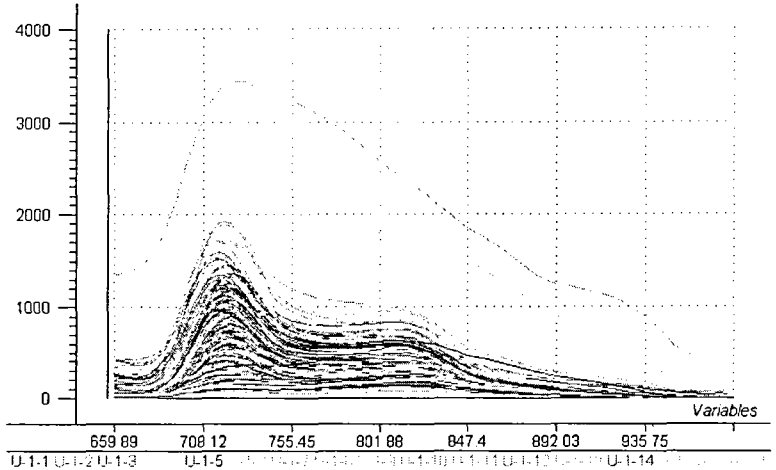


Fig. 4 Transmittance spectra of 360 apples

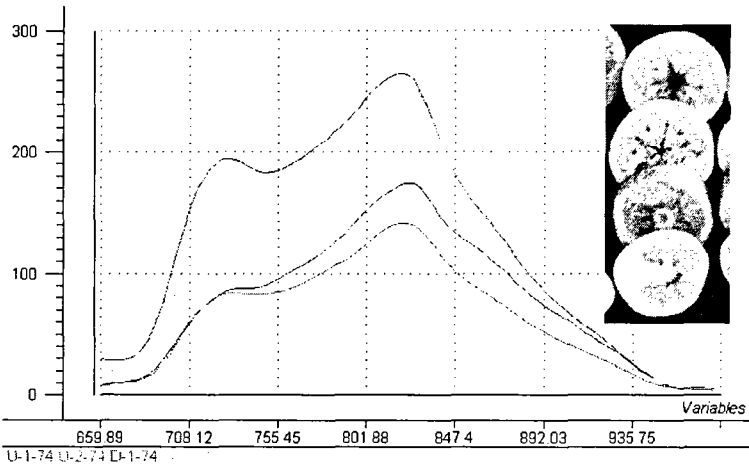


Fig. 5 Transmittance spectra of abnormal apples

마. 피크의 비를 이용한 갈변과의 검출

사과의 투과스펙트럼에서 두 피크의 비의 값이 1.3보다 작을 경우 사과를 갈변으로 판정할 수 있을 것으로 판단할 수 있었다. 꼭지를 위로 하여 투과스펙트럼을 측정하고 두 피크의 비의 값을 나타내면 그림 6 (a)와 같다. 60개의 갈변과 중 47개의 갈변과는 정상으로 판별되어 전체적으로 볼 때 74%의 판정정확도를 나타냈다(90개 2반복 시험).

그러나 꼭지를 아래로 하여 투과스펙트럼을 측정할 경우, 60개의 갈변과 중 45개를 정확히 검출해 낼 수 있었고(그림 6(b)), 정상과를 포함한 결과에서 92%의 판정정확도를 나타낼 수 있었다. 여기서 오차로 나타난 8%는 갈변의 정도가 미약하거나 갈변이 발생한 위치가 과심 내부에만 있거나 한쪽으로 치우쳐 나타난 것이 대부분이었다. 이상의 결과에서 비과피 선별기에 안착되는 사과의 자세에 따라 갈변과의 판정정확도를 보다 높일 수 있을 것

비해 근적외선 대역인 826nm에서는 과피색에 영향을 덜 받고 빛을 투과시키기 때문에 흡수되는 정도의 차이, 즉 투과되는 정도에 차이가 나타나는 것으로 판단되었다.

또한, 이는 투과스펙트럼에 가장 많은 영향을 미치는 것은 광검출센서와 가장 가까운 부위의 사과이기 때문일 것이다.

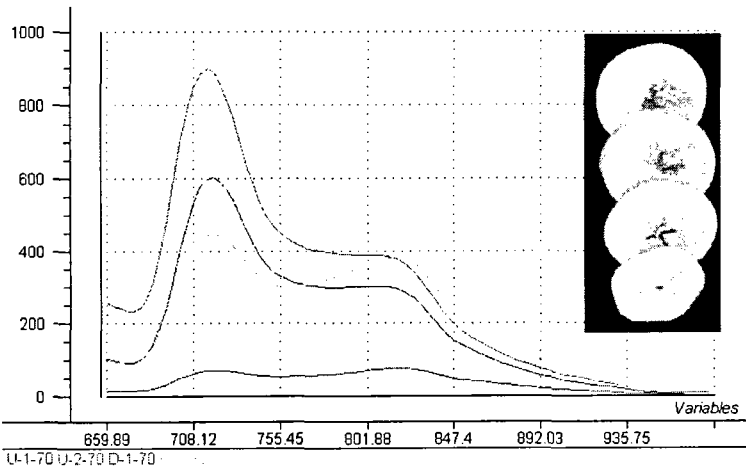


Fig. 6 Transmittance spectra of abnormal apples by changing position

으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

저장중에 나타나는 장해과로서 내부 갈변과를 신속하게 검출하기 위하여 가시광선 및 근적외선 투과분광법을 이용하였다. 기존의 비파괴 과일선별기에서 이용하는 투과스펙트럼 측정방법으로는 내부 갈변과를 검출하는데 한계가 있음을 알 수 있었으며 내부 갈변의

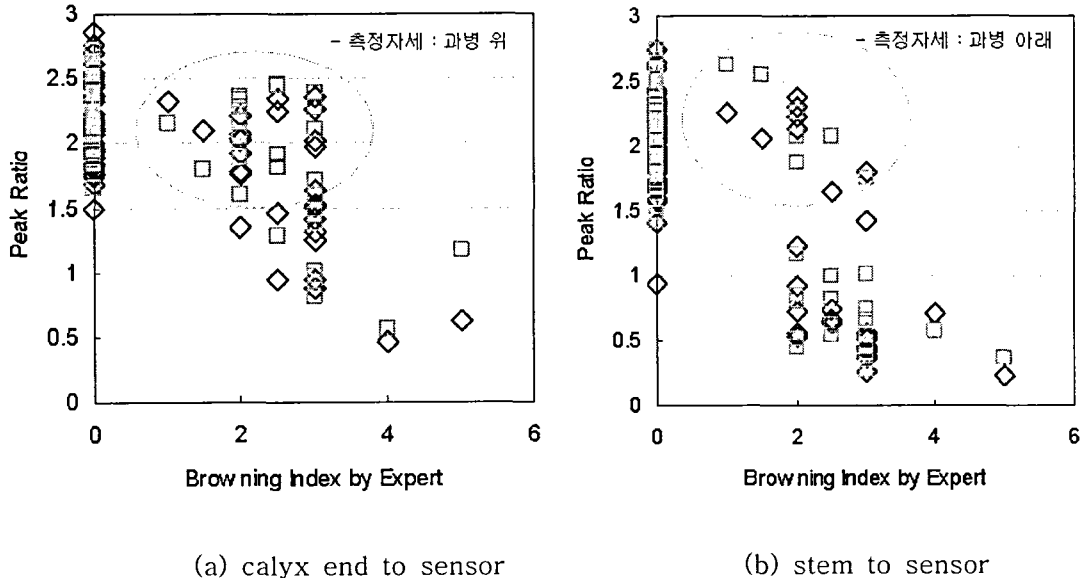


Fig. 7 Results of peak ratio (T_{721nm}/T_{826nm})

판정정확도를 높이기 위해서는 과일 상하의 2곳에서 투과스펙트럼을 측정하거나, 또는 뒤집어서 2번 측정하면 갈변 사과를 검출하기 위한 정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 국내에 현재 이와 같은 시스템이 설치된 바가 없어서 정확도를 높이기 위해 선별작업을 여러 번 할 경우 과일에 손상을 줄 수 있어서 기존의 시스템을 이용하여 갈변과를 검출해 내기 위한 선별 작업은 신중히 검토해야 할 것으로 판단된다.