

근적외 분광분석법을 응용한 사과외 비과피 품질 측정 가능성 조사

조래광* · 손미령 · 권영길 · 이경희 · 박우철

경북대학교 농화학과

초 록 : 국내산 후지 사과의 주요 내부 품질 요인인 당도, 수분 함량, 경도 및 산 함량을 근적외 분광분석법에 의해 동시에 신속, 정확하게 비과피 측정할 수 있는지의 가능성을 조사하였다. 굴절당도계에 의한 당도, 동결 건조법에 의한 수분 함량, texture analyzer에 의한 경도 및 알칼리 적정법에 의해 얻어진 산 함량 데이터와 근적외 영역의 흡광도 데이터 사이에 각각 중회귀분석을 행한 결과, 당도, 수분 함량, 경도 및 산 함량의 측정 오차(SEP)는 각각 0.50° Brix, 0.64%, 0.14 kg/cm² 및 0.07%이었다. 이로서 근적외 분광 분석법을 응용하여 사과의 당도와 수분 함량은 비과피적으로 신속, 정확하게 측정 가능함을 알 수 있었으나, 경도와 산 함량의 측정 정확도는 다소 낮은 편이었다. (1998년 3월 7일 접수, 1998년 4월 1일 수리)

서 론

사과의 품질 요인은 크기, 모양, 색깔 등의 외부 품질 요인과 당도, 산 함량, 수분 함량, 경도 등의 내부 품질 요인이 있다. 현재 국내에서는 사과의 수확 시기를 결정하거나 수확된 사과의 등급과 품질을 분류하는데 있어 대개 크기나 색깔에 기준을 두고 있는데 내부 품질 요인을 고려한 보다 정확한 수확 시기 결정과 등급 표시법의 개발이 시급한 실정이다.

기존의 내부 품질 측정법은 사과를 먹어 보거나 파쇄 또는 착즙 과정을 거치므로 상품성이 없어지고 또한 사과 개체마다 측정하지 않고 일부로서 전체의 품질을 판단하게 되는데 한 나무에서 수확한 사과 개체간에도 품질이 서로 다른 것을 감안할 때 다소 부정확한 측정 방법이라고 할 수 있다. 따라서 사과 개체에 대한 품질 평가를 할 수 있고 측정 후에도 상품성이 보존되는 비과피 측정 기술의 도입이 필요하다.

현재 비과피 측정법 중 가시 영역을 이용한 과실의 착색도 판정법이 사용되고 있으나 착색 정도로서 내부 품질을 판단하기는 힘들다. 지금까지 근적외 분광분석법은 고추, 커피 등의 식품^{1,3)} 및 농산물 전반에 걸쳐 비과피 품질평가법으로 응용^{4,9)}되고 있고 그 사용 범위가 점차 증대되고 있으며 최근에는 토마토, 사과, 귤, 복숭아 등 과실류에 있어서도 근적외 분석법을 응용한 연구^{9,12)}가 활발히 진행되고 있는데 사과에 있어서는 콜크보라로 과육을 일부 채취한 뒤 측정하거나 과즙으로부터 당도나 고형물 함량을 측정하는 보고^{12,13)}가 있다. 또한 색깔과 당도에 의한 사과 선별기가 이미 국외에서 개발되었고 현재 국내에서도 일부 사용되고 있지만 국내 사과에 기준을 두고 제작된 것이 아니며 또한 사과 내부품질 요인을 모두 고려하지 못하였기에 국내산 사과중 대표적인 후지사과에 적용할 수 있고 단맛, 신맛 및 신선도 등을 모두 고려한 보다 개선된 선별장치의 개발이 요구되는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 내부 품질에 의한 사과의 수확 적기 판정뿐 아니라 수확한 사과의 용도별 선별 장치를 개발하기 위한 기초 연구로서 사과의 내부 품질 중 당도, 수분 함량, 경도 및 산 함량을 근적외 분광분석법을 응용하여 측정하기 위한 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

시료

1996년 10월말부터 11월 중순 사이에 경상북도 영천에서 수확한 후지사과를 2°C의 저온고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 사과는 크기가 일정하고(270~300 g) 외형이 균일하며 착색이 고루된 것을 선별하여 사용하였다. Fructose, malic acid 및 pectin은 각각 Duksan, Junsei 및 Sigma사의 시약을 사용하였다.

굴절당도 측정

당도 측정은 과육을 착즙한 후 과즙을 굴절당도계(Atago, Model PR-1)를 사용하여 측정하였다.

수분 함량 측정

사과과육 4~5 g을 잘게 절단하고 동결 건조기를 사용하여 72시간 건조시킨 후 중량 감소로부터 수분 함량을 계산하였다.

경도 측정

과육경도는 사과의 측면에 직경 약 2 cm 가량의 과피를 제거한 후 texture analyzer(TA-XT2i, stable micro systems, England)를 사용하여 needle probe가 5 mm/sec의 속도로 20 mm의 깊이까지 침투될 때 최고의 저항력을 데이터로 취하였다.

찾는말 : non-destructive quality evaluation, near-infrared spectroscopy, apple quality

*연락처

산 함량 측정

산 함량의 측정은 사과 과육을 수동 착즙기로 착즙한 후 즉시 착즙액 중 2 ml를 취해 0.005 N NaOH로 적정한 후 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

근적외 스펙트럼 측정

사과 시료의 근적외 스펙트럼 측정에 앞서 저온고에 보관한 사과 시료는 온도에 의한 스펙트럼의 영향¹⁰⁾을 줄이기 위하여 실온(약 20°C)에서 하루밤 방치시켜 실온에 동화시킨 후 연구용 근적외 분광분석장치(InfraAlyzer 500, Bran & Luebbe社)를 사용하여 측정하였으며 측정 과정은 Fig. 1과 같다. 근적외 광원과의 거리를 일정하게 조정할 수 있는 위, 아래로 움직일 수 있게 개조한 측정실의 시료대 위에 사과를 올려놓고 측면의 직경 약 2 cm 가량의 부위에 1100 nm ~ 2500 nm까지 2 nm 간격으로 조사되어 확산 반사된 근적외 스펙트럼을 측정하였다. Fig. 2와 같이 광원으로부터 방출된 빛은 적분구 아래의 석영 창을 통해 시료에 조사된 후

다시 반사되거나 표면이나 세포 내부에서 반사되거나 혹은 세포 내에서 흡수되어 반사되지 못하는 등 여러 경로를 거치는데 이중 적분구(Integrating sphere)내에 포집된 일부의 빛만 PbS 광센서에 포착되어 AD변환 뒤 컴퓨터에 전송되어 스펙트럼 데이터로서 수록된다.

Fructose, malic acid, pectin powder 및 물의 스펙트럼 측정은 개량한 British cup을 사용하여 석영 커버로 두께를 0.2 mm로 조정된 후 측정하였다.

검량식 작성 및 검증

근적외 분석법에 의한 정량분석을 위해서는 측정하고자 하는 물리화학적 성분치의 목적 변수의 범위가 가급적 넓도록 복수의 시료를 사용하여 검량식을 작성할 필요가 있다. 검량식 작성용 시료의 근적외 스펙트럼 데이터와 물리화학적 분석에 의한 각 성분치 데이터 상호간에 IDAS (InfraAlyzer Data Analysis Software, Bran+Luebbe Co., Germany)프로그램을 사용하여 측정하려는 성분치의 변동 폭에 가장 상관을 높게 나타내는 파장을 먼저 선별하고 점차 보정파장을 단계적으로 늘리는 step-up방식의 중회귀 분석을 행하였다.

각각의 성분치를 측정할 수 있는 복수의 검량식 중에서 중상관계수(multiple correlation coefficient: R)가 높고 화학 분석치와 근적외 분석치간의 추정 표준 오차(standard error of estimate: SEE)가 작은 후보 검량식을 3~5개 가량 선별한 다음 이들의 실행 정확도를 확인하기 위하여 검증용 시료 군에 적용시켜 화학분석치와 근적외 분석치간의 검증 표준 오

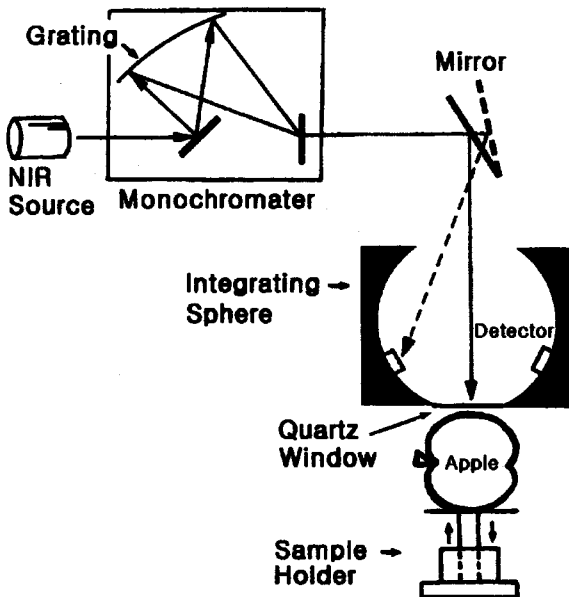


Fig. 1. Schematic diagram for measuring NIR spectrum of the intact apple.

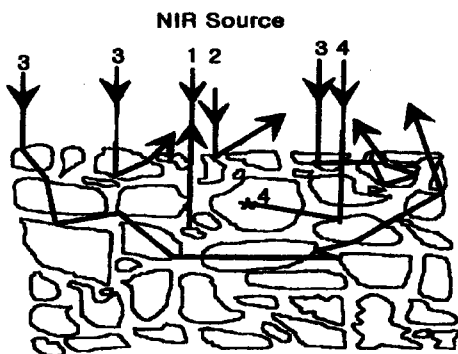


Fig. 2. Several pathways of diffuse reflection. 1. Specular (not detected), 2. Specular (detected), 3. Diffuse reflections, 4. Absorption

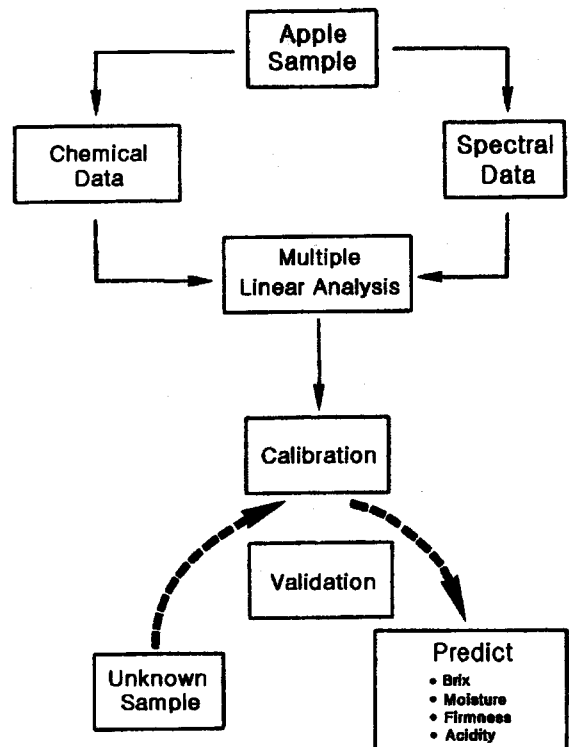


Fig. 3. Flow diagram of calibration making and prediction process.

차(standard error of prediction: SEP)가 가장 작게 나타나는 검량식을 최종적인 비파괴 측정용 검량식으로 채택한다.

최종적으로 검량식이 작성된 후에는 분석하려는 시료에 대한 근적외 파장의 흡광도 데이터가 입력되기만 하면 수 초 내에 곧바로 분석 결과가 자동적으로 얻어지는 소위 비파괴 분석이 행해진다. 중회귀 분석에 관계되는 R, SEE 및 SEP는 아래와 같으며 검정식 작성 및 검정에 대한 개략적인 과정은 Fig. 3에 나타내었다.

$$R = \sqrt{1 - \frac{SEE^2(n-k-1)}{SD^2 \text{range}(n-1)}}$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum(\text{NIR value} - \text{chemical value})^2}{n-k-1}}$$

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum(\text{NIR value} - \text{chemical value})^2}{n}}$$

- R: Multiple correlation coefficient
- SEE: Standard error of estimate
- SEP: Standard error of prediction
- SDrange: Standard deviation of the range
- n: Number of sample
- k: Number of wavelengths

결과 및 고찰

사과의 근적외 스펙트럼

사과의 주요 구성 성분들의 근적외 스펙트럼은 Fig. 4에

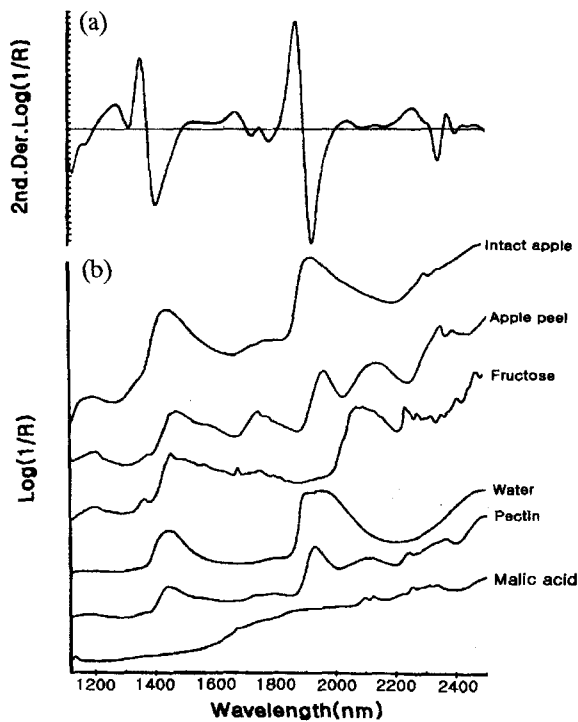


Fig. 4. NIR spectrum of the intact apple and the related components. (a): 2nd derivative spectrum of intact apple, (b): Raw spectrum of intact apple and the related components

나타내었다. 사과의 스펙트럼에는 당, 산, 수분, 펙틴뿐만 아니라 과피 등의 종합적인 정보들이 포함되어 있어 전체적으로 완만한 흡수 곡선을 보이고 있다. 2차미분 스펙트럼에서는 피크가 아래로 돌출 될수록 흡수가 강함을 의미하며 각각의 정보에 대한 흡수 차이를 raw 스펙트럼보다 정확하게 알 수 있는데 일반적으로 1400~1450 nm와 1900~1950 nm는 수분 관련 O-H 흡수를 나타내고, 1400 nm 부근이나 1900 nm 부근 및 2000 nm 이상에서는 당이나 cellulose 관련 O-H, C-H 및 C-C 등의 흡수 정보를 많이 포함하고 있다.¹⁴⁾ 이처럼 근적외 스펙트럼은 여러 성분들에 대한 정보가 겹쳐져서 나타나므로 각각의 성분들에 대한 파장별 귀속은 어려우나 동시에 다성분을 측정할 수 있는 특징을 가지고 있다.

사과의 부위별 당도 차이 조사

사과 측정 부위에 따라 내부 당도의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Fig. 5에서 보는 바와 같이 사과를 위치별(A, B, C)로 3부분으로 나누고, 나누어진 각 부분별로 깊이에서 과심과 과피부위로 그리고 위도별로 각각 상중하로 나누었다. 한 개의 사과당 총 18부위로 나누어 각각의 당도를 굴절당도계로 측정된 결과는 Table 1과 같다.

사과의 과심쪽이 과피쪽에 비해 0.3~1.0°Brix 정도 낮았고 위도(상, 중, 하)와 위치(A, B, C)에 따른 차이는 거의 없어서 사과개체당 내부 당도치는 부위에 관계없이 동일한 것으로 판단되었다.

당도의 비파괴 측정

사과에 있어서 당함량은 약 12~18%로서 내부 품질 요인 중 가장 중요한 인자로 작용한다. 당도 측정용 검량식 작성을 위해 사용된 85점의 사과 시료에 있어 당도 범위는

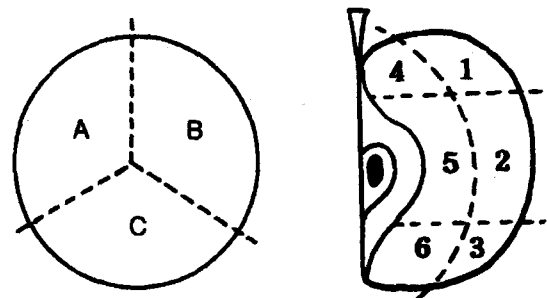


Fig. 5. Division of part in apple by position, latitude and depth.

Table 1. Brix degree of different part in apple (°Brix)

Part	Division		
	A	B	C
1	15.1	15.8	15.1
2	15.1	15.6	15.6
3	15.0	15.4	15.0
4	14.7	15.1	14.6
5	14.1	14.7	14.3
6	14.7	14.4	14.7

Table 2. Result of the multiple linear regression analysis for determining Brix of apples

Used wavelength (nm)	R	SEE (°Bx)	SEP (°Bx)
1192, 1292	0.715	0.681	0.737
1192, 1680, 1300	0.742	0.656	0.699
1160, 1592, 1312, 1576	0.822	0.558	0.600
1160, 1524, 1316, 1572, 1504	0.882	0.463	0.506
1548, 1516, 1656, 1572, 1504, 1648	0.893	0.445	0.538
1548, 1516, 1656, 1572, 1504, 1648, 1616	0.897	0.438	0.537

R: Multiple correlation of coefficient, SEE: Standard error of estimate (n=85), SEP: Standard error of prediction (n=55), Range: 13.0~17.8°Brix, Mean: 15.0°Brix

13.0~17.8°Brix, 평균치는 15.0°Brix 이었으며 당도계로 측정된 당도치와 근적외 영역의 흡광데이터 간에 중회귀분석을 행한 결과는 Table 2와 같다. 2파장에서 7파장까지 작성된 각각의 검량식에 55점의 미지 시료를 적용시켜 당도치를 예측한 결과 1160, 1524, 1316, 1572 및 1504 nm의 5파장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.88이었고, 실제 당도치에 대한 근적외 분석 당도치의 측정 오차는 0.50°Brix이었다. 당도계로 측정된 당도치를 X축에, 상기 검량식에 의한 근적외 분석치를 Y축에 나타내어 상호 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. 검량식 작성에 사용된 파장 중 1160 nm와 1524 nm는 각각 C-H와 starch관련의 O-H의 흡수를 나타낸다.

근적외 분석법에 의한 Brix 측정에 관한 연구를 살펴보면 파인애플이나 멜론과 같이 두꺼운 껍질을 가진 과실의 경우¹⁹⁾ 측정 오차는 각각 1.27°Brix와 0.84°Brix이었고, 토마토나 mandarin 과즙의 경우^{9,10)} 각각 약 0.2°Brix와 0.5°Brix이었으며 사과 과즙의 경우¹²⁾ 약 0.2°Brix~0.4°Brix의 측정 오차를 나타내었는데 이로서 껍질이 두꺼운 과실일수록 그리고 과즙 상태일 때 보다 생과실 상태에서 당도를 예측하는 것이 측정 오차가 더 높음을 알 수 있었다.

따라서 본 실험 결과인 생사과 상태에서 측정 오차가 0.50°Brix인 것은 매우 높은 정확도로서 당도의 비파괴 측정이 가능함을 나타낸다.

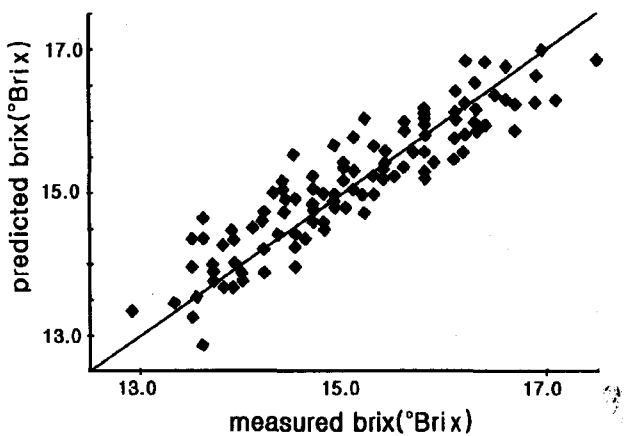


Fig. 6. Relationship between NIR-predicted and measured values for Brix of apples.

수분 함량의 비파괴 측정

사과에 있어서 수분 함량은 약 80~83%를 차지하고 있으며 신선도를 나타내는 척도로 사용될 수 있다.

수분 함량 측정용 검량식 작성을 위해 사용된 사과 시료 85점의 수분 함량 범위는 79.44 ~84.75%이었고 평균치는 82.15% 이었으며, 동결 건조법으로 측정된 수분함량치와 근적외 영역의 흡광도 데이터간에 중회귀 분석을 행한 결과는 Table 3과 같다. 2파장에서 9파장까지 작성된 각각의 검량식에 55점의 미지 시료를 적용시켜 수분함량치를 예측한 결과 1212, 1300, 1408, 2064, 2088, 2048 및 1948 nm의 7파장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.89이었고 실제 수분함량치에 대한 근적외 분석 수분함량치의 측정 오차는 0.64%로서 가장 정확도가 높았다. 동결 건조법으로 측정된 수분함량치를 X축에, 상기 검량식에 의한 근적외 분석치를 Y축에 나타내어 상호 비교한 결과는 Fig. 7과 같으며 근적외 분석법에 의한 수분 함량 측정이 가능함을 알 수 있었다.

검량식 작성에 사용된 파장 중 1408, 1948, 2080 nm 부근의 파장은 이전의 연구보고^{16,17)}에 있어서 곡물이나 육류의 수분 함량 측정에 사용된 파장과도 일치하였다.

검량식 작성에 사용된 파장이 실제 수분과 관계 있는 파장인지를 알아보기 위하여 동결 건조시켜 수분을 제거한 사과과육의 스펙트럼을 측정하여 생사과의 스펙트럼과 상

Table 3. Result of the multiple linear regression analysis for determining moisture content of apples

Used wavelength (nm)	R	SEE (%)	SEP (%)
1212, 1292	0.775	0.827	0.925
1220, 1292, 2484	0.792	0.805	0.868
1212, 1296, 2484, 2488	0.816	0.767	0.841
1212, 1300, 1408, 2064, 2088	0.874	0.648	0.716
1212, 1300, 1408, 2064, 2088, 2048	0.894	0.604	0.668
1212, 1300, 1408, 2064, 2088, 2048, 1948	0.898	0.596	0.643

R: Multiple correlation of coefficient, SEE: Standard error of estimate(n=85), SEP: Standard error of prediction(n=55), Range: 79.44~84.75%, Mean: 82.15%

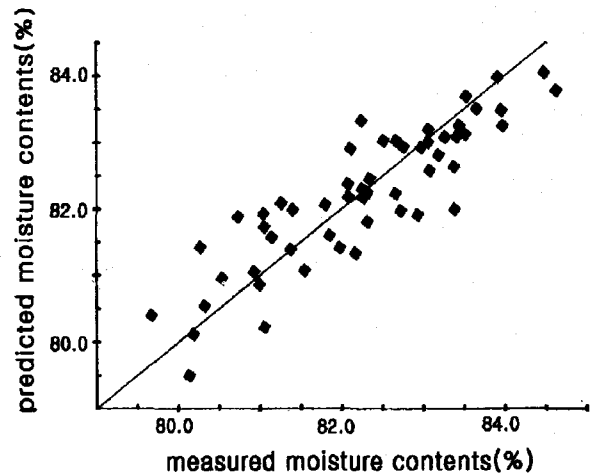


Fig. 7. Relationship between NIR-predicted and measured values for moisture contents in apples.

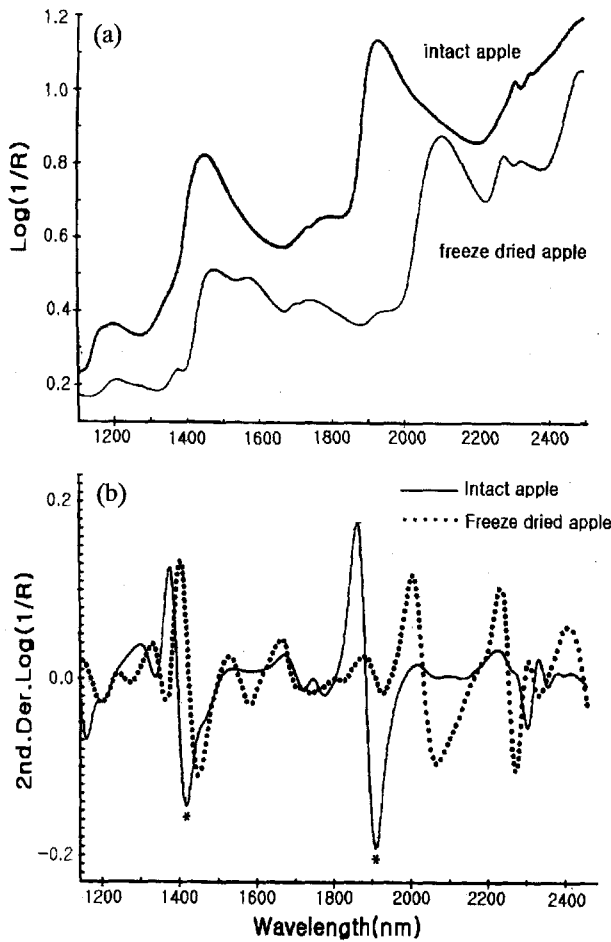


Fig. 8. Comparison of raw(a) and 2nd derivative(b) spectrum of intact apple and freeze dried apple.

호 비교한 결과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 동결 건조시킨 과육의 경우 생사과에 비해 일반적으로 수분 관련 흡수 파장으로 알려져 있는¹⁶⁾ 1400~1450 nm와 1900~1950 nm에서 흡수 감소를 나타내어 이들 파장이 실제 수분 함량을 측정하는데 사용됨을 알 수 있었다.

수확한 사과를 선별하는 과정에 있어서 작성된 검량식을 사용해 일정 수분함량치 이상이나 이하로 구분하는 것이 가능하므로 용도 판별에 용이하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

경도 측정

경도는 firmness나 hardness 등으로 나타내는데 과육의 단단함을 표현할 수 있는 parameter로서 용도 판별에 있어서 중요한 인자로 작용할 수 있다.

경도 측정용 검량식 작성을 위해 사용된 사과 시료 85점의 경도 범위는 1.27~2.12 kg/cm²이었으며 평균치는 1.66 kg/cm²이었다. Texture analyzer에 의한 경도치와 근적외 영역의 흡광도 데이터간에 각각 중회귀 분석을 행한 결과는 Table 4와 같으며, 작성된 검량식에 55점의 미지 시료를 적용시켜 측정 오차를 조사한 결과 2304, 2224 및 1868 nm의 3파장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.70이었으며 측정 오차는 0.14 kg/cm²로서 다소 정확도가 낮게 나타났다.

경도의 측정 정확도가 낮은 요인으로는 물리적인 측정 방법에 있어서 발생하는 오차와 내부 물질에 의한 스펙트럼의 흡수 방해를 생각할 수 있는데 차후 다양한 측정 방법을 검토해 보고 아울러 경도에 영향을 줄 수 있는 내부 물질을 제거하여 경도에 관계하는 파장들을 검토함으로써 측정 정확도를 개선시킬 수 있을 것으로 기대한다.

산 함량 측정

사과 중 산 함량은 약 0.3~0.4%로 미량이 존재하지만 신맛을 표현하는 인자로서 당도와 마찬가지로 과실의 주요 내부 품질로 작용한다.

산 함량 측정용 검량식 작성을 위해 사용된 사과 시료 85점의 산 함량 범위는 0.22~0.63%이었으며 평균치는 0.36%이었다. 적정에 의한 산 함량 데이터와 근적외 영역의 흡광도 데이터간의 중회귀분석을 행한 결과는 Table 5와 같다. 얻어진 후보 검량식에 55점의 미지 시료를 적용시켜 예측한 근적외 분석치와 알칼리 적정법에 의한 산 함량치 간의 측정 오차(SEP)를 조사한 결과 1172, 1292 및 1964 nm의 3파장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.69이었고 측정 오차는 0.07%로서 정확도가 다소 낮게 나타났다.

산 함량의 측정 정확도가 낮은 것은 화학분석에 의한 산 함량이 부정확한 것으로 사료되는데 적정시 변색점을 육안으로 확인함에 있어서 실험자의 오차가 있을 수 있고 알칼리 적정시 유기산 이외의 가용성 단백질 등의 반응 가능성 및 무기질의 영향 등을 고려해 볼 수 있다.

차후 적정 알칼리 액의 농도를 묽게 조정하거나 HPLC에

Table 4. Result of the multiple linear regression analysis for determining firmness of apples

Used wavelength (nm)	R	SEE (kg)	SEP (kg)
2180, 2228	0.556	0.141	0.168
2304, 2224, 1868	0.702	0.122	0.147
2304, 2224, 1868, 2228	0.727	0.118	0.152
2288, 2224, 1868, 2228, 1416	0.739	0.117	0.159
2288, 2224, 1868, 2228, 1416, 2292	0.757	0.114	0.165
2288, 2224, 1868, 2228, 1420, 2292, 1492	0.770	0.112	0.159
2288, 2224, 1868, 2228, 1424, 2292, 1492, 2244	0.775	0.112	0.164
2288, 2224, 1868, 2228, 1424, 2292, 1496, 2248, 2308	0.787	0.110	0.166

R: Multiple correlation of coefficient, SEE: Standard error of estimate(n=85), SEP: Standard error of prediction(n=55), Range: 1.27~2.12 kg/cm², Mean: 1.66 kg/cm²

Table 5. Result of the multiple linear regression analysis for determining acid content of apples

Used Wavelengths (nm)	R	SEE (%)	SEP (%)
1164, 1292	0.642	0.079	0.079
1172, 1292, 1964	0.695	0.074	0.074
1172, 1292, 1956, 1912	0.718	0.072	0.078
1172, 1292, 1952, 1912, 1232	0.735	0.071	0.077
1168, 1292, 1948, 1912, 1232, 2500	0.748	0.070	0.076
2488, 1292, 1948, 1912, 1232, 1168, 2476	0.769	0.068	0.076
2368, 2316, 2460, 2016, 2000, 1736, 1984, 1424	0.849	0.056	0.080
2368, 2316, 2460, 2032, 2000, 1756, 1984, 1424, 2328	0.859	0.055	0.090

R: Multiple correlation of coefficient, SEE: Standard error of estimate(n=85), SEP: Standard error of prediction(n=55), Range: 0.22~0.63%, Mean: 0.36%

의해 유기산 함량을 정량하므로써 보다 정확한 화학 분석치를 얻는 등 산 함량의 측정 정확도를 높이기 위한 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하여 볼때 단맛을 나타내는 당도치와 신선도를 나타내는 수분함량치는 근적외 분광분석법에 의하여 적은 오차범위 내에서 측정이 가능하였지만 과육의 단단함을 나타내는 경도치와 신맛을 나타내는 산 함량치는 다소 측정 정확도가 낮았는데 사과와 품질이 단맛 뿐만 아니라 신맛과 신선도 등에 의해 종합적으로 결정되어야 할 것으로 판단 할 때 현재 정확도가 낮은 경도치와 산 함량치의 측정 정확도를 향상시키기 위한 연구가 계속되어야 할 것이며 사과 내부 품질인 단맛, 신맛 및 신선도 등을 종합적으로 고려하여 등급판정을 함으로서 사과 색깔과 당도에 기준을 두고있는 기존 선별장치의 기능을 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산부의 현장애로 기술개발과제의 지원에 의해 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, R. K., M. R. Sohn and J. J. Ann (1991) Rapid Determination of seed and stem content in red pepper powder by near-infrared reflectance spectroscopic analysis, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 447-451.
2. Iizuka, K. and H. Hashimoto (1990) Pattern recognition of NIR spectra, varieties and roasting levels of coffee beans, *The Proceeding of the Second International Near Infrared Spectroscopy Conference*, 249-258.
3. Cho, R. K. Application of near-infrared reflectance spectroscopic analysis in food technology (1987) *Food Science and Industry*, **20**, 4-10.
4. Cho, R. K., Kyung-Hee Lee, Jung-Hwan Lee and Yong-Kil Kwon(1994) A study for automatic analysis of quality components in tobacco leaves using non-destructive analytical method, *Korean J. Agric. Chem. Biotechnol.*, **37**, 349-355.
5. Mun, S. S, Kyung-Hee Lee and R. K. Cho (1994) Application of near infrared spectroscopy in quality evaluation of domestic rice, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 718-725.
6. Huxsoll, C. C., H. R. Bolin and B. E. Mackey (1995) Near infrared analysis potential for grading raisin quality and moisture, *J. Food Sci.*, **60**, 176-180.
7. Zeng, W., H. Z. Zhang and T. C. Lee (1996) Direct determination of the starch content in gravy by near infrared spectroscopy, *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 1460-1463.
8. Kays, S. E., W. R. Windham and F. E. Barton (1996) Prediction of total dietary fiber in cereal products using near-infrared reflectance spectroscopy, *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2266-2271.
9. Slaughter, D. C., D. Barrett and M. Boersig (1996) Non-destructive determination of soluble solids in tomatoes using near infrared spectroscopy, *J. of Food Sci.*, **61**, 695-697.
10. Miyamoto, K., and Y. Kitano (1995) Non-destructive determination of sugar content in satsuma mandarin fruit by near infrared transmittance spectroscopy, *J. of Near Infrared Spectroscopy*, **3**, 227-237.
11. Kawano, S., H. Watanabe and M. Iwamoto (1989) Measurement of sugar contents in intact peaches by NIRS, *Proceeding of the 7th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 343-352.
12. Temma, T., M. Chiba, K. Hanamatsu, F. Shinoki and T. Tsushima (1995) Measurement of sugar contents in apples by near infrared spectroscopy and development of a compact near infrared sugar-measuring instrument, *Proceeding of the 7th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 638-643.
13. Salgo, A., T. Lavasz (1992) Investigation of the apple quality by near infrared technique, *Proceeding of the 5th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*.
14. Osborne, B. G. and T. Fearn (1986) *Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis*, Longman Scientific & Technical, Chap. 2, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
15. Guthrie, J., B. Wedding and K. Walsh (1997) *Proceeding of the 8th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*.
16. Takahashi, M., M. Hajika, K. Igita and T. Sato (1995) Rapid estimation of protein, oil and moisture contents in whole-grain soybean seeds by near infrared reflectance spectroscopy, *Proceeding of the 7th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 494-497.
17. Czarnik-Matusewicz, H. W. and A. Korniewicz (1995) Near infrared reflectance spectroscopic determination of water, protein and fat in pork liver, *Proceeding of the 7th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 617-619.

Possibility of the Nondestructive Quality Evaluation of Apples using Near-infrared Spectroscopy

Rae-Kwang Cho*, Mi-Ryeong Sohn, Young-Kil Kwon, Kyung-Hee Lee and Woo-Churl Park(*Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea*)

Abstract : A possibility of evaluation of the major internal quality factors-Brix, moisture contents, firmness and acid content in the Korean domestic 'Fuji' apple fruits by near-infrared reflectance spectroscopic (NIRS) methods were investigated. A multiple linear regression(MLR) analysis between the data obtained by physico-chemical analysis method using refractometer, freeze drier, texture analyzer and titrater and NIR spectral data was carried out to make a calibration. The standard error of prediction(SEP) of Brix, moisture, firmness and acid content were 0.50°Brix, 0.64%, 0.14 kg/cm² and 0.07%. It is concluded that NIRS methods can be used to evaluate Brix and moisture contents of in a apple non-destructive and rapid way but the accuracy for determination of firmness and acid content was slightly low.

Key words : non-destructive quality evaluation, near-infrared spectroscopy, apple quality

*Corresponding author