

근적외 분광분석법을 응용한 사과와 유리산 함량 측정

손미령 · 조래광*

경북대학교 농화학과

초 록 : 근적외 분광분석법으로 사과와 유리산 함량을 비파괴적으로 측정함에 있어서 사과 착즙액의 갈변에 의한 영향은 있었으나 실황처리 및 적정 알칼리액 농도는 측정 정확도에 영향을 주지 않았다. 수확기 사과와 유리산 함량은 수확 시기를 달리한 시료로 작성한 검량식을 사용하여 측정하였는데 중회귀분석 결과, 중상관계수(R)는 0.77이었고 측정오차(SEP)는 0.03%이었다. 저장 중인 사과와 유리산 함량은 저장하여 유리산 함량폭이 넓은 시료로 작성한 검량식을 사용하여 측정하였으며 그 결과 R은 0.90, SEP는 약 0.04%이었다. 근적외 분광분석법을 응용하여 사과 중의 유리산 함량을 정확히 정량하기는 다소 미흡하나 높은 산 함량치와 낮은 산 함량치를 가지는 사과로 분류하는 것은 가능한 것으로 판단되었다.

서 론

우리 나라의 사과를 경쟁력 있는 농산물로 취급하여 부가가치를 높이고 국가 경쟁력을 제고하기 위해서는 수확된 사과를 품질에 따라 비파괴적으로 선별하여 유통하는 기술이 필요하다. 사과와 품질판정 자동화 장치를 개발하기 위한 기초단계로서 전보¹⁾에서는 사과 내부 품질 요인들을 근적외 분광분석법에 의해 비파괴적으로 측정할 수 있는지의 가능성을 검토한 결과, 당도 및 수분함량은 측정 정확도가 높은 반면 산 함량 및 경도의 측정 정확도는 다소 낮았다. 후지 사과에 있어서 산 함량은 약 0.3%로서 함량 면에서 당보다 훨씬 적지만 적절한 당산 비에 의해 사과의 맛이 결정²⁾되므로 비파괴 분석에 의한 산 함량의 정확한 측정은 중요한 의미를 가진다. 비파괴 분석에 의한 과실의 산 함량 측정에 관한 연구로는 전기 전도 도법을 응용하여 밀감³⁾ 및 토마토 과즙⁴⁾의 pH를 측정하거나, 근적외 분석법을 응용하여 매실⁵⁾이나 밀감⁶⁾ 중의 산도를 측정한 연구가 있는데 밀감의 산도를 투과방식으로 측정한 경우 약 20%의 오차를 나타낸다고 보고하였다. Simnaeve 등⁷⁾은 사과즙중의 산도를 측정함에 있어서 투과 방식을 사용한 경우가 반사 방식보다 다소 정확도가 높다고 보고하였다. 사과와 같은 핵과실의 경우 광원의 완전한 투과가 어려우므로 투과 방식이 아닌 반사방식을 사용하게 되는데 전보¹⁾에서 주스 상태가 아닌 생과실 상태로 사과와 유리산 함량을 측정한 결과 정확도가 낮아서 측정 정확도를 높일 수 있는 다각적인 연구가 필요하다고 판단되었다. 근적외 분석법의 측정 정확도는 화학분석에 의해 얻어진 분석치에 영향을 받기도 하는데 전보¹⁾에서는 이러한 영향을 구체적으로 조사하지 못하였다. 또한 사과는 수확 후 저장에 의해 산 함량이 감소하기 때문에 수확 직후 뿐만 아니라 저장 중인 사과에도 적용할 수 있는 범용성 검량식을 개발하여 측정된 산 함량에 따라 등

찾는말 : 근적외 분광분석법, 사과, 비파괴 측정, 유리산
*연락처

급별로 나눌 수 있는 기술이 필요하다.

본 연구에서는 사과와 유리산 함량을 비파괴 측정함에 있어서 사과 착즙액의 갈변 억제 처리 및 알칼리액 농도가 측정 정확도에 미치는 영향을 조사하였고 저장한 사과에도 적용할 수 있는 유리산 함량 측정용 검량식 작성을 시도하였다.

재료 및 방법

사과 시료

후지사과는 1996년 경상북도 영천에서 수확 시기를 달리 하여 수확한 것(1차: 10월 30일, 2차: 11월 8일, 3차: 11월 16일)과 1997년 11월 하순경 수확된 경북지역의 사과를 경북 능금조합에서 구입하였으며 크기가 비교적 일정하고 (270~300 g) 외형과 착색이 고른 것을 선별하여 2°C의 저온고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

착즙액의 갈변호소 불활성화

사과과육을 수동 착즙기로 착즙한 직후 20 ml의 내열 내압용 밀폐 용기에 넣고 100°C의 물 속에 3분간 가열하여 호소를 불활성화시킨후 -20°C의 냉동고에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

유리산 함량 측정

유리산 함량의 측정은 AOAC방법⁸⁾에 준하여 사과 착즙액 2 ml를 취해 0.005 N NaOH와 0.001 N NaOH로 각각 적정한 후 NaOH 소비량을 사과산 함량으로 환산하였다.

근적외 스펙트럼 측정

사과 시료의 근적외 스펙트럼은 전보¹⁾와 같이 연구용 분광 분석 장치(InfraAlyzer 500, Bran & Luebbe Co.)를 사용

하여 1100 nm에서 2500 nm 까지 2 nm 간격으로 확산 반사 방식으로 측정하였다. 얻어진 원 스펙트럼은 IDAS (InfraAlyzer Data Analysis Software, Bran+Luebbe Co., Germany)를 이용하여 gab size를 10 nm로, segment size를 10 nm로 하여 1차미분을 하였고 gab size를 10 nm로, segment size를 20 nm로하여 2차미분을 하였다. 저온고에서 나온 사과는 적외선 온도계(HT-11, Minolta)로 측정하여 사과 표면 온도가 14~15°C로 되었을 때 근적외 스펙트럼을 측정하였다.

비파괴 측정 검량식 작성 및 검증

검량식 작성용과 검증용 시료는 각각 산 함량치의 범위가 고루 분포되도록 배분하였다. 흡광도 데이터와 화학 분석치 간에는 IDAS를 사용하여 중회귀분석(Multiple linear regression analysis)하여 검량식을 작성하였으며¹⁾ 얻어진 검량식의 정확도는 중상관계수(R), SEC(standard error of calibration) 및 미지 시료에 대한 측정오차인 SEP(standard error of prediction)로 검증하였다.

결과 및 고찰

착즙액의 갈변 및 갈변 억제 처리가 유리산의 비파괴 측정 정확도에 미치는 영향

사과 착즙액을 알칼리로 적정하여 유리산 함량을 구함에 있어서 즙액을 착즙 직후 곧바로 적정할 경우와 방치시켜 효소적인 갈변이 진행된 즙액을 적정할 경우 비파괴 측정 정확도에 미치는 영향을 조사하였다. 착즙직후 즙액과 착즙후 약 20°C에서 12시간 방치하여 갈변된 즙액을 각각 0.005 N의 NaOH로 적정하여 얻은 유리산 함량 데이터와 사과의 근적외 스펙트럼 데이터간에 중회귀분석을 행한 후 미지 시료에 대한 측정 정확도를 검증하여 가장 정확한 검량식의 결과만을 Table 1에 요약하여 나타내었다.

착즙직후 즙액의 유리산 함량 범위는 0.19~0.43%이었고 평균치는 0.28%이었으며 119점의 시료로 2과장에서 9과장으로 구성된 검량식을 작성한 후 미지 시료 78점에 적용시킨 결과, 8과장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.69

이었고 측정오차는 0.035%로 가장 정확하였다. 갈변된 즙액의 경우, 유리산 함량의 범위는 0.16~0.35%이었고 평균치는 0.25%이었으며 119점의 시료로 2과장에서 9과장으로 구성된 검량식을 작성한 후 미지 시료 78점에 적용시킨 결과, 3과장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.56, 측정오차는 0.039%로 가장 정확하였다. 갈변된 즙액의 유리산 함량은 착즙직후 즙액에 비해 약 0.03~0.08% 정도 감소하였고 중상관계수는 낮아졌으며 약 0.004%정도 측정 정확도가 낮아졌다. 이상으로 착즙액의 갈변이 근적외 분석법에 의한 유리산 함량 예측 정확도에 다소 영향을 줄 수 있었는데 갈변 즙액에서 발견된 응집체나 즙액 색깔이 변색점 확인에 미친 영향 때문인 것으로 추정된다.

한편, 시료 즙액을 열처리하여 효소를 실활시킨후 적정법으로 유리산 함량을 분석한 후 중회귀분석을 행하였다. 119점 시료의 유리산 함량 범위는 0.18~0.36%이었고 평균치는 0.27%이었다. 2과장에서 9과장으로 구성된 검량식을 작성한 후 미지 시료 78점에 적용시킨 결과, 7과장으로 구성된 검량식에서 작성된 검량식에서 중상관계수가 0.67, 측정오차는 0.035%로서 가장 정확하였는데 갖 착즙한 즙액의 경우와 거의 같은 결과를 나타내어 실활 처리에 의한 영향은 없는 것으로 판단되었다. 이하 실험에서 적정에 의한 유리산 함량 측정은 착즙직후의 즙액을 사용하였다.

이상의 결과로부터 적정에 의한 사과즙액의 유리산 함량 분석시, 갈변된 즙액을 사용하는 것은 좋지 않고 착즙직후 즉시 적정하는 것이 가장 좋으나 시료수가 수백개로 많아서 착즙 즉시 적정하지 못할 경우에는 효소를 불활성화시켜 갈변을 방지한 실활즙액을 적정하여도 무방함을 알 수 있었다.

적정 알칼리 농도가 유리산의 비파괴 측정 정확도에 미치는 영향

적정액의 농도를 물게 조정하여 유리산 함량치를 가능한 한 정확히 측정하기 위하여 실활시킨 사과 즙액 총 180점을 대상으로 0.001 N과 0.005 N의 NaOH로 각각 적정하여 계산한 유리산 함량 데이터와 사과의 근적외 스펙트럼 데이터간에 중회귀분석을 행한 결과의 요약은 Table

Table 1. The result of the MLR analysis between NIR data of apples* and free acid contents by titration of intact juice, brown juice and heat treated juice

Sample type	Range (%)	Mean (%)	Terms ^{a)}	R	SEC (%)	SEP (%)	F-value
intact juice	0.19~0.43	0.28	8 ^{b)}	0.69		0.035	12.84
brown juice	0.16~0.35	0.25	3 ^{c)}	0.56	0.034	0.039	18.19
heat treated juice	0.18~0.36	0.27	7 ^{d)}	0.67	0.035	0.035	13.25

*Apple samples were cultivated in 1996
 R: Multiple correlation of coefficient
 SEC: Standard error of calibration(n=119)
 SEP: Standard error of prediction(n=78)
 F-value: Mean square of regression/mean square of error
^{a)}Terms: Number of used wavelength for calibration equation
^{b)}1420, 1512, 1876, 2048, 1428, 2240, 1928 nm and 1992 nm
^{c)}1424, 1512 nm and 2048 nm
^{d)}1488, 1500, 1392, 2352, 2136, 2140 nm and 2316 nm

Table 2. Effect of sodium hydroxide concentration on determining of free acid content in apples* by NIR spectroscopy

NaOH concentration	Range (%)	Mean (%)	Terms ^{a)}	R	SEC (%)	SEP (%)	F-value
0.005 N	0.17~0.33	0.23	2 ^{b)}	0.46	0.028	0.025	13.97
0.001 N	0.17~0.37	0.25	2 ^{c)}	0.54	0.028	0.026	21.26

*Apple samples were cultivated in 1997 year

R: Multiple correlation of coefficient

SEC: Standard error of calibration (n=108)

SEP: Standard error of prediction (n=72)

F-value: Mean square of regression/mean square of error

^{a)}Terms: Number of used wavelength for calibration equation

^{b)}1196 nm and 1300 nm

^{c)}1776 nm and 1816 nm

2와 같다. 0.005 N로 적정한 108점 시료의 유리산 함량 범위는 0.17~0.33%이었고 2과장에서 9과장으로 구성된 검량식을 작성한 후 이를 미지 시료 72점을 대입시켜 측정 정확도를 조사한 결과, 2과장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.46, 측정오차는 0.025%이었다. 0.001 N로 적정한 경우에는 0.17~0.37%의 농도 범위에서 2과장으로 구성된 검량식의 중상관계수는 0.54이었고 미지 시료 대한 측정오차는 0.026%이었다. 이 결과로서 적정 알칼리액의 농도 차이는 근적외 분석법에 의한 산 함량치 예측 정확도에 거의 영향을 주지 않는다고 판단되어 이하의 실험에서는 0.005 N NaOH를 사용하여 유리산 함량을 측정하였다.

수확기 사과와 유리산 함량 측정

수확 후의 저장하지 않은 사과 총 180점의 유리산 함량 범위는 0.24~0.38%이었고 평균치는 0.31%이었다. 108점의 근적외 스펙트럼 데이터와 유리산 함량 데이터간에 중회귀 분석을 행하여 검량식을 작성한 후 유리산 농도 미지의 사과 72점을 대입하여 측정 정확도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 2과장에서 9과장으로 구성된 검량식중 6과장으로 구성된 검량식에서 중상관계수는 0.54이었고 미지 시료 대한 측정오차는 0.032%로 가장 낮았으나 전체적으로 중상관계수와 F-value가 낮아 불안정한 검량식으로 인정되었다. 6과장으로 구성된 검량식에 의한 근적외 예측치와 유리산 함량 실측치간의 관계를 Fig. 1에 나타내었는데 실측치와

예측치간의 이상적인 직선에서 벗어나 가로로 퍼진 분포를 나타내고 있다. 즉 실측치와 예측치간에 큰 차이를 나타내고 있어 예측한 함량치의 의미가 없는 것으로 판단되었다. 일반적으로 우리 나라에서는 후지사과를 10월 하순부터 12월 초순에 걸쳐 수확하는데 검량식 작성에 사용된 사과는 11월 하순경 수확된 수확 적기의 사과라고 할 수 있으며 동일한 과원의 동일한 나무에서 수확되었으므로 시료간의 성분 차이가 협소하여 검량식 작성이 어려웠던 것으로 사

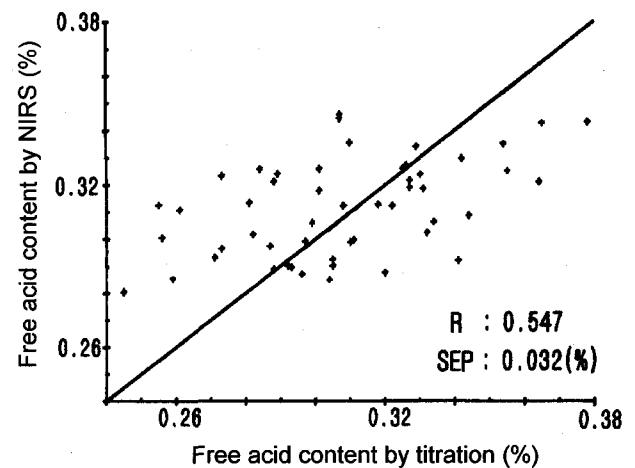


Fig. 1. Relationship between free acid content by titration and NIR-predicted value of non-storage apples.

Table 3. The result of MLR analysis between free acid contents and raw NIR data of apples* for determining of free acid contents in non-storage apples

Used wavelength (nm)	R	SEC (%)	SEP (%)	F-value
1804, 1836	0.399	0.031	0.037	9.965
1824, 1836, 1100	0.431	0.030	0.036	7.902
1824, 1836, 1184, 1732	0.464	0.030	0.035	7.048
1724, 1836, 1140, 1732, 1840	0.497	0.030	0.036	6.696
1760, 1784, 1360, 1728, 1420, 1936	0.547	0.029	0.032	7.178
1724, 1760, 1348, 1728, 1420, 1936, 1720	0.567	0.028	0.033	6.775
1724, 1760, 1348, 1728, 1420, 1936, 1720, 1932	0.578	0.028	0.033	6.194
1724, 1760, 1348, 1728, 1420, 1936, 1720, 1932, 1768	0.597	0.028	0.032	6.035

*Apple samples were cultivated in 1997

Range: 0.24~0.38%, Mean : 0.31%

R: Multiple correlation of coefficient

SEC: Standard error of calibration (n=108)

SEP: Standard error of prediction (n=55)

F-value: Mean square of regression/mean square of error

Table 4. The result of MLR analysis between free acid contents and raw NIR data of apples for determining of free acid contents in non-storage apples* with different harvest time

Used wavelength (nm)	R	SEC (%)	SEP (%)	F-value
1188, 1292	0.745	0.029	0.032	48.67
1188, 1292, 1212	0.755	0.029	0.033	34.10
1196, 1296, 1212, 1940	0.773	0.028	0.030	28.26
1188, 1300, 1212, 2132, 2148	0.809	0.026	0.033	28.39
1296, 1300, 1212, 2132, 2148, 1204	0.820	0.025	0.034	25.35
1288, 1300, 1212, 2136, 2148, 1204, 1320	0.853	0.023	0.036	27.92
1288, 1300, 1212, 2136, 2148, 1204, 1320, 1196	0.857	0.023	0.035	24.88
1288, 1300, 1212, 2116, 2120, 1164, 1320, 1204, 1156	0.867	0.023	0.033	23.85

*Apple samples were cultivated in 1996 year
 Range: 0.20~0.41%, Mean: 0.31%
 R: Multiple correlation of coefficient
 SEC: Standard error of calibration (n=81)
 SEP: Standard error of prediction (n=54)
 F-value: Mean square of regression/mean square of error

료된다.

영천지방에서 재배한 사과의 수확 시기를 1차, 2차 및 3차로 나누어 수확한 결과 11월 16일에 수확한 3차 수확과에 비해 10월 30일과 11월 8일에 수확한 1차 및 2차 수확과의 유리산 함량치가 다소 높았다. 시료 범위가 다소 넓어진 이들 사과 총 135점의 유리산 함량 범위는 0.20~0.42%이었으며 평균치는 0.31%이었다. 81점의 시료로 검량식을 작성한 후 미지 시료 54점에 대입하여 유리산 함량 측정 정확도를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 2파장에서 9파장으로 구성된 검량식은 중상관계수와 F-value가 Table 3에 비해 다소 높아 안정된 검량식으로 인정되었으며 4파장으로 구성된 검량식에서 미지 시료 대한 측정오차는 0.030%으로 가장 정확하였다. 실측치와 예측치간의 관계를 Fig. 2에 나타내었는데 유리산 함량의 분포가 Fig. 1에 비해 직선에 가까워짐을 보여 측정 정확도가 향상된 것을 알 수 있다. 상기와 동일한 수확 조건으로 청송에서 수확한 사과들로 검량식을 작성한 결과에서도 영천사과의 경우와 유사한 측정 정확도를 나타내었는데, 이 결과로부터 수확기 사과의 유

리산 함량은 3회에 걸쳐 수확한 사과들을 모아서 작성한 검량식을 사용하므로써 약 15%의 오차율로 예측할 수 있었다. 수확기 사과의 유리산 함량 측정을 위한 검량식은 아래와 같다.

$$\text{유리산 함량}(\%) = 0.09 + 82.07 \times \text{OD}_{\text{at } 1196 \text{ nm}} - 30.19 \times \text{OD}_{\text{at } 1296 \text{ nm}} - 52.31 \times \text{OD}_{\text{at } 1212 \text{ nm}} - 0.21 \times \text{OD}_{\text{at } 1940 \text{ nm}}$$

저장한 사과의 유리산 함량 측정

수확기 사과로 작성한 Table 4의 유리산 함량 측정용 검량식으로 저장한 사과의 유리산도 예측이 가능한지를 조사한 결과 Table 5에서와 같이 수확기의 시료를 적용시킨 경우 측정오차가 0.030%인데 반하여 2개월간 저장하여 유리산 함량의 범위가 0.15~0.32%로 낮아진 사과에 적용시킨 결과 측정오차는 0.079% 이었으며, 4개월간 저장되어 0.08~0.21%로 유리산 함량이 많이 저하된 사과에 적용시킨 결과 측정오차는 0.253%로서 신맛을 구분코저하는 사과의 유리산 함량치의 범위를 초과하고 있어 수확기의 사과로 작성한 검량식으로는 저장 기간이 경과된 사과의 유리산 함량을 예측하는 것은 정확도 면에서 적용 불가능함을 Fig. 3에서 쉽게 알 수 있다. 이와 같이 수확 당시의 사과들을 시료로 사용하여 작성된 검량식에 저장한 사과를 적용하여 유리산 함량을 예측한 경우 측정 정확도가 떨어지는 것은 유리산 함량이 저장하는 동안 호흡 기질 등으로 점차 소모되어져 검량식의 적용 범위를 벗어났기 때문인 것으로 사

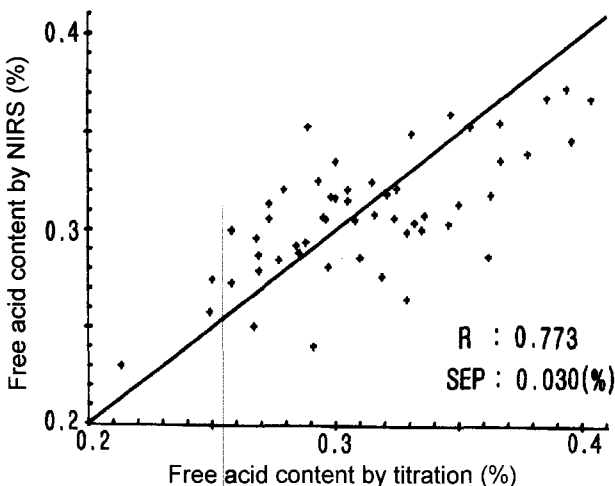


Fig. 2. Relationship between free acid content by titration and NIR-predicted value of non-storage apples with different harvest time.

Table 5. Result of prediction of free acid content in storage apples* using calibration equation established with 0 month storage apples

Sample storage month	n	Range (%)	Mean (%)	Terms ^{b)}	SEP (%)
0	54	0.21~0.41	0.31	4 ^{b)}	0.030
2	55	0.15~0.32	0.23	4 ^{b)}	0.079
4	30	0.08~0.21	0.14	4 ^{b)}	0.253

*Apple samples were cultivated in 1996 and 1997 year
^{b)}Terms: Number of used wavelength for calibration equation
^{b)}1196, 1296, 1212 nm and 1940 nm

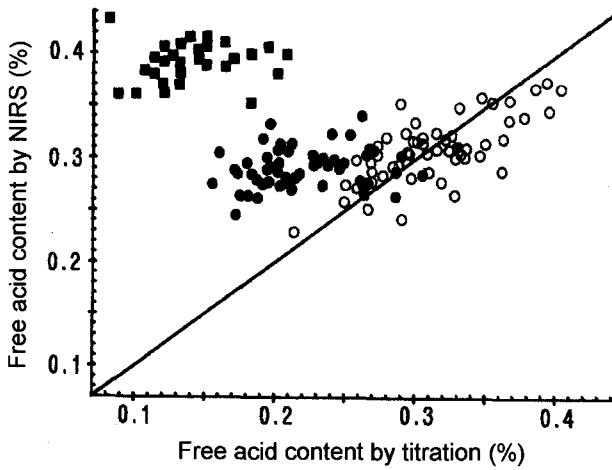


Fig. 3. Prediction of free acidity of apple samples stored for 0 (○), 2 (●) and 4 (■) months using calibration equation established with 0 month storage apples.

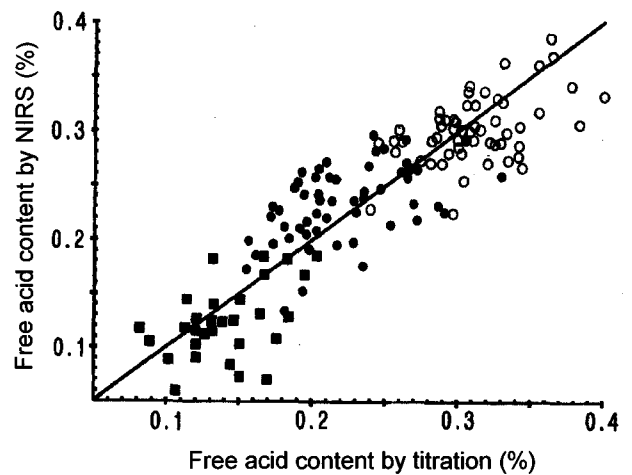


Fig. 4. Prediction of free acidity of apple samples stored for 0 (○), 2 (●) and 4 (■) months using calibration equation established with combined apples.

료된다.

이상의 결과로부터 저장한 사과 of 유리산 함량을 예측하기 위해서는 검량식의 산 함량 범위가 넓어져야 할 필요성이 인정되어 수확기 사과와 2개월 및 4개월간 저장한 시료 그룹을 하나로 합하여 검량식을 작성한 뒤 저장 기간이 다른 시료들을 대입하여 유리산 함량 측정 정확도를 검정한 결과는 Table 6과 같다. 2파장에서 9파장으로 구성된 검량식은 증상관계수와 F-value가 높아 전체적으로 검량식이 안정되어 있다고 판단되었다. 수확기 사과를 대입한 경우 9파장으로 구성된 검량식에서 측정오차는 0.04%이었으며, 2개월 및 4개월 저장한 시료를 적용한 경우 역시 9파장으로 구성된 검량식에서 측정오차는 각각 0.043%와 0.044%로 가장 정확하였다. 실측치와 예측치간의 관계를 Fig. 4에 나타내었는데 검량식의 적용 범위를 크게 벗어난 Fig. 3의 경향과는 달리 저장 사과의 유리산 함량은 유리산 함량 범위가 넓은 사과 시료를 사용하여 작성한 검량식에 의해 예측 가능함을 알 수 있었다. 저장한 사과의 유리산 함량 측정용 검량식의 상세한 내역을 아래에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \text{유리산 함량(\%)} = & 0.665 - 7.869 \times \text{OD}_{\text{at } 1180 \text{ nm}} \\ & + 4.860 \times \text{OD}_{\text{at } 1128 \text{ nm}} - 83.985 \times \text{OD}_{\text{at } 2160 \text{ nm}} \\ & + 11.914 \times \text{OD}_{\text{at } 1696 \text{ nm}} + 36.668 \times \text{OD}_{\text{at } 1940 \text{ nm}} \\ & + 64.70 \times \text{OD}_{\text{at } 2140 \text{ nm}} - 37.897 \times \text{OD}_{\text{at } 1936 \text{ nm}} \\ & - 3.556 \times \text{OD}_{\text{at } 1400 \text{ nm}} + 15.966 \times \text{OD}_{\text{at } 2200 \text{ nm}} \end{aligned}$$

저장 4개월 때의 유리산 함량치는 약 0.14%이었는데 이 농도로는 사과의 신맛이 매우 약하게 느껴졌기 때문에 사과의 유리산 함량치에 근거하여 신맛 정도를 기계적으로 계급화 할 때 별도로 구별이 가능할 것으로 예상된다. Miyamoto⁹⁾도 투과 방식을 사용하여 밀감의 유리산 함량을 측정한 결과 정확한 정량은 어려우나 약 20%의 오차율로서 높은 산 함량치를 가지는 밀감을 선별하는 것이 가능하다고 보고하고 있다.

감사의 글

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

Table 6. Result of prediction of free acid content in storage apples* using calibration equation established with combined apples⁹⁾

Storage month	n	Range (%)	Mean (%)	Terms ^{b)}	Used wavelength (nm)	R	F-value	SEP (%)			
Calibration combined	134	0.05~0.40	0.22	2	1168, 1268	0.772	96.78				
				3	1164, 1280, 1924	0.815	85.60				
				4	1176, 1260, 2160, 1184	0.842	78.81				
				5	1176, 1260, 2160, 1184, 2164	0.847	65.20				
				6	1176, 1252, 2160, 1184, 2180, 2152	0.856	57.99				
				7	1164, 1276, 2160, 1724, 1940, 2140, 1936	0.878	60.53				
				8	1188, 1128, 2160, 1700, 1940, 2140, 1936, 1400	0.890	59.38				
				9	1180, 1128, 2160, 1696, 1940, 2140, 1936, 1400, 2200	0.895	55.30				
				Prediction	55	0.24~0.38	0.31		9		
2	55	0.15~0.32	0.23					9			0.043
4	30	0.08~0.21	0.14					9			0.044

*Apple samples were cultivated in 1997

⁹⁾Mergy of 0, 2 and 4 month storage apples

^{b)}Terms: Number of used wavelength for calibration equation

참고문헌

1. Cho, R. K., M. R. Sohn, Y. K. Kwon, K. H. Lee and W. C. Park (1998) Possibility of the Non-destructive quality evaluation of apples using near-infrared spectroscopy, *Korean J. Agric. Chem.*, **41**, 153-159.
2. 伊藤三郎, (1994) 果實の科學, 朝倉書店, 103-106.
3. Hashimaga, F., M. Nagayoshi (1972) Determination of free acid in citrus fruits juice by conductometric method, *Nippon shokuhin kogyo gakkaiishi*, **19**, 526-530.
4. Ohta, H., Y. Shimizu (1980) Measurement of organic acid content in processing tomatoes by conductometric method, *Nippon shokuhin kogyo gakkaiishi*, **27**, 354-357.
5. Ootake, K. (1992) The application for measurement of japanese apricot of organic acid by NIRS, *Abstract of the 7th non-destructive measurement symposium*, 37-41.
6. Miyamoto, K. (1997) Classification of high acid fruits by PLS using NIR transmittance spectral data of intact satuma mandarin, *Abstract of the 8th international conference on near infrared spectroscopy*.
7. Sinnaeve, G., P. Dardenne, R. Agneessens, M. Lateur and A. Hallet (1997) Quantitative analysis of raw apple juices using NIR, FT-NIR and FT-IR instruments, *J. Near Infrared Spectroscopy*, **5**, 1-17
8. AOAC (1980) "Titrable acidity final action" in American official analytical chemists, 13th edition, 22060, 366

Nondestructive Evaluation of Free Acid Content in Apples using Near-infrared Spectroscopy

Mi-Ryeong Sohn and Rae-Kwang Cho*(*Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea*)

Abstract : In non-destructive evaluation of free acid content in apples by near- infrared spectroscopy(NIRS), browning and heat treatment of squeezed apple juice affected to the accuracy but titrable alkali concentration did not. The free acid content in apples after harvest was able to determine using different apples in harvest time for calibration making. The result of MLR, multiple correlation coefficient(R) was 0.77 and standard error of prediction(SEP) was 0.03%. The free acid content in apples during storage was able to determine using calibration equation established with stored apples, R was 0.90 and SEP was ca. 0.04%. The prediction accuracy by NIR was not sufficient for use of quantitative analysis of free acid content in apple, but classification of low and high level in acid content was supposed to be applicable.

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

*Corresponding author