

근적외 분광분석법을 이용한 황색종 잎담배의 화학성분 분석

김용옥* · 이경구 · 장기철 · 김기환

한국인삼연초연구원
(1998년 10월 10일 접수)

Determination of Chemical Composition of Flue-cured Tobacco by Near Infrared Spectroscopy

Yong-Ok Kim*, Kyung-Ku Lee, Gi-Chul Jang and Kee-Hwan Kim

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute

(Received October 10, 1998)

ABSTRACT : This study was conducted to analyze chemical components in flue-cured tobacco using near infrared spectroscopy(NIRS). Samples were collected in '96 and '97 crop year and were scanned in the wavelengths of 400~2500 nm by near infrared analyzer(NIRSystem Co., Model 6500). Calibration equations were developed and then analyzed flue-cured samples by NIRS. The standard error of calibration(SEC) and performance(SEP) of '96 crop year samples between NIRS and standard laboratory analysis(SLA) were 0.18% and 0.24% for nicotine, 1.60% and 1.77% for total sugar, 0.13% and 0.15% for total nitrogen, 0.58% and 0.68% for crude ash, 0.23% and 0.28% for ether extracts, and 0.09% and 0.08% for chlorine, respectively. The coefficient of determination(R^2) of calibration and prediction samples between NIRS and SLA of '96 crop year samples was 0.94~0.99 and 0.83~0.97 depending on chemical components, respectively. The SEC and SEP of '97 crop year samples were similar to those of '96 crop year samples. The SEP of '97 crop year samples which were analyzed using '96 calibration equation was 0.32% for nicotine, 2.72% for total sugar, 0.14% for total nitrogen, 1.00% for crude ash, 0.48 for ether extracts and 0.17% for chlorine, respectively. The prediction result was more accurate when calibration and prediction samples were produced in the same crop year than those of the different crop year. The SEP of '96 and '97 crop year samples using calibration equation which was developed '96 plus '97 crop year samples was similar to that of '96 crop year samples using 96 calibration equation and that of '97 crop year samples using 97 calibration equation, respectively. The SEP of '97 crop year samples using calibration equation which was developed '96 plus '97 crop year samples was lower than that of '97 crop year samples analyzed by 96 calibration equation. To improve the analytical inaccuracy caused by the difference of crop year between calibration and prediction samples, we need to include the prediction sample spectra which are different from calibration sample spectra in recalibration sample spectra, and then develop recalibration equation. Although the analytical result using NIR is not as good as SLA, the chemical component analysis using NIR can apply to tobacco leaves, leaf process or tobacco manufacturing process which demand the rapid analytical result.

Key Words : flue-cured tobacco, near infrared spectroscopy, chemical component

* 연락저자 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302번지, 한국인삼연초연구원

* Corresponding author : *Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinseong-Dong, Yusong-Ku, Taejon 305-345, Korea*

근적외(파장 700-2500 nm) 분광분석은 -CH, -NH 및 -OH 등의 관능기가 분자진동 에너지의 결합대(combination band)와 1차에서 4차 배음대(1st~4th overtone band)에서 광 에너지를 흡수하는 특성을 이용하여 시료를 분석하는 방법이다(Birth 등, 1987; Burns 등, 1992). 이 분석법은 1960년대 초부터 컴퓨터산업의 발전과 더불어 Karl Norris에 의해 농산물 성분분석을 실용화(Osborne과 Fearn, 1986) 시킨 이후 급속히 발전하여 현재에는 농산물 뿐만아니라 식품, 사료, 석유 화학, 제약, 제지 및 섬유 등(Martens 등, 1992) 산업의 여러 분야에서 응용되고 있다.

근적외 분광분석방법은 시료 추출과 용해 등의 전처리가 필요 없어 화학약품에 의한 환경공해를 야기시키지 않고, 각 성분의 검량식이 작성되면 분석하려는 시료 스펙트럼으로 여러 성분을 동시에 분석할 수 있으며, 분석시료의 회수가 가능하고, 분석방법이 간단하여 전문적인 분석기술이 필요로 하지 않는 등의 장점이 있는 반면, 정량분석을 위해서는 필수적으로 검량식 작성이 필요한 단점이 있다(Osborne과 Fearn, 1986).

근적외 분광분석방법으로 담배에 적용된 성분으로는 수분, 전당, 전알칼로이드, 전질소, 전휘발성 염기, 석유에텔추출물, 회분, 전분, 섬유소, 탈, 멘톨, 트리아세틴, 보습제 및 무기성분을 분석한 성적이 보고(Hamid 등, 1978; McClure 등, 1977, 1982, 1986; Pandeya 등, 1978; Bense 등, 1983; Long, 1983; Williamson 등, 1986; Heckman 등, 1987) 되고 있다. 국내에서는 버어리 토스트트엽(김 등, 1995)과 황색종 잎담배(조 등, 1992)의 성분 분석 연구가 수행되었다. 근적외 분광분석법으로 담배 성분을 분석하기 위해서는 연산, 등급 및 지역간 변이를 포함하는 검량식이 작성되어야 분석 정확도가 높아지므로(Birth 등, 1987), 외국의 담배를 분석하기 위해 작성된 검량식을 국내 담배 성분 분석에 사용하면 시료특성 차이로 인한 분석 정확도가 낮을 것으로 예상되고(Osborne 등, 1986), 또한 외국에서 작성된 검량식을 구하기도 어려운 실정이다. 국내 황색종 잎담배의 성분분석을 위해 작성된 검량식(조 등, 1992)은 재배연도에 따른 시료변이를 포함하지 않는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 재배연도가 상이한 '96년과 '97년산 황색종 잎담배 시료를 수집하여, 검량식 작성에 사용된 시료와 분석 시료간 재배연도 차이에 따른 분석 정확도를 검토하고, '96년 시료로 작성된 검량식에 재배연도가 상이한 '97년 시료를 포함시켜 검량식을 재작성하고 시료를 분석하여 분석정확도가 높은 검량식을 선별하여 근적외 분광분석방법으로 황색종 잎담배의 전당, 니코틴, 전질소, 조회분, 에텔추출물 및 염소를 분석하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험에 사용된 황색종 중에서 '96년 시료 432 점은 36개 생산조합에서, '97년 시료 444점은 37개 생산조합에서 각 조합 당 하엽과 상엽은 각각 3, 4, 5등을, 중엽과 본엽은 각각 1, 2, 3등을 수집하였다. 수집된 시료를 건조하여 분쇄(Cyclotec, 1093)하고 근적외 분광기(NIRS사, model 6500) 표준시료컵에 시료를 채운 후, 파장 400~2500 nm에서 확산반사 스펙트럼을 얻었다. 시료 스펙트럼을 Infracsoft international NIRS 3 프로그램 중 center와 select sample 방법(Shenk와 Westerhaus, 1991)을 사용하여 '96년 시료는 스펙트럼 특성이 상이한(mahalanobis distance 3.0 이상) 3점을 제외하고 검량식 작성시료(calibration) 264점과 검량식 확인시료(validation) 165점으로 나누었으며, '97년 시료는 검량식 작성시료 263점과 검량식 확인시료 181점으로 나누었다. '96년과 '97년 시료 스펙트럼 과일을 합하여(876점) 동일방법으로 검량식 작성시료 469점과 검량식 확인시료 407점으로 나누었다. 검량식 작성과 확인시료 성분분석은 전당, 니코틴, 전질소는 자동분석법, 조회분은 회화법, 염소는 전위차적정법, 에텔추출물은 용매추출법으로 각각 분석하였다(김 등, 1991). 검량식은 먼저 시료 스펙트럼을 1차 미분(first derivative)하고 8 nm 간격으로 4 개점을 smooth한 후(259 data point), 4개 상호확인그룹(cross validation groups)으로 나누고, 각 시료 주성분 점수(principal component score)와 기존 분석성적을 modified partial least square 방법(Infracsoft international, 1992)에 의해 각 성분별로

작성하였다. 작성된 검량식으로 검량식 작성시료와 확인시료를 분석하여 기존 분석방법(전술한 각 성분 분석방법)으로 분석된 성적과 표준오차, bias, 기울기(slope) 및 결정계수(R^2)를 구하여 근적외 분광분석방법의 분석 정확도를 나타내었다.

결과 및 고찰

'96년 검량식 작성시료 스펙트럼과 기존 분석방법으로 분석된 성적으로 각 성분별 검량식을 작성하고, 작성된 검량식으로 검량식 작성시료와 검량식 확인시료를 근적외 분광분석법으로 분석하여 기존 분석방법으로 분석된 성적과 비교한 결과는 Table 1과 같다.

으로 분석한 성적간의 표준오차(SEP)는 니코틴 0.24%, 전당 1.77%, 전질소 0.15%, 조회분 0.68%, 에틸추출물 0.28% 및 염소 0.08%로 각각 나타나, 염소를 제외한 다른 성분은 검량식 작성시료에 비해 표준오차가 커지는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 Williamson 등(1986)의 보고와도 비슷하였다. 모든 성분에서 분석의 bias가 작고(-0.09~0.02), 기울기(slope)가 0.95~1.03로, 결정계수가 0.83~0.97로 나타났는데, 이는 근적외 분광분석방법과 기존분석방법과 간에 고도의 상관성이 있기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

'97년 시료 스펙트럼과 기존 분석방법으로 분석된 성적으로 각 성분별 검량식을 작성하고, 작성된 검량식으로 검량식 작성시료와 확인시료를 근적외

Table 1. The calibration and prediction statistics for flue-cured tobacco derived from the samples of '96 crop year

Component	Mean ¹⁾ (%)	SEC ²⁾ (%)	R ²	Terms ³⁾	Mean (%)	SEP ⁴⁾ (%)	Bias (%)	Slope	R ²
Nicotine	1.84	0.18	0.97	13	1.89	0.24	0.02	1.03	0.94
Total sugar	18.60	1.60	0.95	8	22.28	1.77	-0.09	0.99	0.87
Total nitrogen	2.23	0.13	0.94	9	2.11	0.15	-0.01	0.95	0.83
Crude ash	12.73	0.58	0.99	13	10.81	0.68	-0.06	0.97	0.96
Ether extracts	6.00	0.23	0.97	9	5.80	0.28	-0.00	1.01	0.91
Chlorine	0.68	0.09	0.98	14	0.58	0.08	0.00	1.01	0.97

1) mean of standard laboratory analytical result
3) number of principal component

2) standard error of calibration
4) standard error of performance

검량식 작성시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차(SEC)와 결정계수(R^2)는 니코틴은 0.18%와 0.97, 전당 1.60%와 0.95, 전질소 0.13%와 0.94, 조회분 0.58%와 0.99, 에틸추출물 0.23%와 0.97, 그리고 염소 0.09%와 0.98로 각각 나타났다. 각 성분별 표준오차를 기존 분석방법의 허용오차(김 등, 1991)와 비교하면 모든 성분에서 표준오차가 높게 나타나 분석 정확도가 낮았다. 그러나 결정계수가 높은 것은 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법간에는 고도의 상관성이 있었기 때문인 것으로 판단된다. 검량식 확인시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법

분광분석법으로 분석하여 기존 분석방법으로 분석된 성적과 비교한 결과는 표 2와 같다.

검량식 작성시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차와 결정계수는 니코틴은 0.14%와 0.99, 전당 1.63%와 0.95, 전질소 0.09%와 0.97, 조회분 0.66%와 0.98, 에틸추출물 0.45%와 0.91, 그리고 염소 0.09%와 0.97로 각각 나타났다. '97년 검량식 작성시료의 표준오차는 '96년 검량식 작성시료의 표준오차(표 1 참조)에 비해 니코틴과 전질소는 낮았고 전당, 조회분 및 에틸추출물은 높았으며 염소는 동일한 것으로 나타났으나, 에틸추출물을 제외한 성분들은 수치

Table 2. The calibration and prediction statistics for flue-cured tobacco derived from the samples of '97 crop year

Component	Mean ¹⁾ (%)	SEC ²⁾ (%)	R ²	Terms ³⁾	Mean (%)	SEP ⁴⁾ (%)	Bias (%)	Slope	R ²
----- Calibration -----					----- Prediction -----				
Nicotine	1.68	0.14	0.99	12	1.77	0.14	0.01	1.01	0.98
Total sugar	18.27	1.63	0.95	12	21.35	1.67	-0.19	1.04	0.92
Total nitrogen	2.17	0.09	0.97	11	2.10	0.10	-0.02	1.00	0.95
Crude ash	13.00	0.66	0.98	12	10.98	0.71	-0.02	0.98	0.96
Ether extracts	6.45	0.45	0.91	8	6.57	0.44	-0.09	0.99	0.85
Chlorine	0.55	0.09	0.97	13	0.42	0.10	0.00	1.02	0.95

1) mean of standard laboratory analytical result
3) number of principal component

2) standard error of calibration
4) standard error of performance

차이가 작아 '96년 검량식 작성시료의 결과와 비슷하였다. 검량식 확인시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차는 니코틴 0.14%, 전당 1.67%, 전질소 0.10%, 조회분 0.71%, 에텔추출물 0.44%, 염소 0.10%로 각각 나타났다. 이 결과를 '96년 검량식 확인시료 표준오차(Table 1 참조)와 비교하면 니코틴과 전당 및 전질소는 낮았고, 조회분과 에텔추출물 및 염소는 높았으나, 에텔추출물을 제외한 다른 성분은 수치 차이가 크지 않아 '96년 검량식 확인시료의 결과와 비슷하였다. 모든 성분에서 bias가 작고(-0.19~0.01), 기울기가 0.98~1.04로, 결정계수가 0.85~0.98로 나타나 근적외 분광분석방법과 기존 분석방

법 간에는 고도의 상관성이 있는 것으로 나타났다. '96년과 '97년 검량식 확인시료 및 작성시료가 연산간에 표준편차가 다소 차이를 보였는데, 이 같은 경향은 Osborne 등(1982)의 연구 결과와도 비슷하였다.

'96년 검량식 작성시료로 작성한 검량식으로 '97년 분석시료를 근적외 분광분석방법으로 분석하여 기존 분석방법으로 분석한 성적과 비교한 결과는 Table 3과 같다.

'97년 분석시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차는 니코틴 0.32%, 전당 2.72%, 전질소 0.14%, 조회분 1.00%, 에텔추출물 0.48% 및 염소 0.17%로 각각 나타났

Table 3. NIR prediction statistics for flue-cured tobacco produced in '97 crop year using calibration equation derived from the samples of '96 crop year

Component	Mean ¹⁾ (%)	SEP ²⁾ (%)	Bias (%)	Slope	R ²
Nicotine	1.70	0.32	-0.18	0.92	0.95
Total sugar	19.67	2.72	-0.80	0.98	0.87
Total nitrogen	2.14	0.14	0.01	1.06	0.94
Crude ash	12.18	1.00	0.08	0.91	0.96
Ether extracts	6.47	0.48	0.08	1.01	0.87
Chlorine	0.53	0.17	0.04	1.07	0.91

1) mean of standard laboratory analytical result

2) standard error of performance

다. 이 결과를 '96년 검량식 확인시료의 표준오차 (Table 1 참조)와 비교하면 전질소는(0.93배) 낮았으나 니코틴(1.33배), 전당(1.54배), 조회분(1.47배), 에텔추출물(1.71배), 염소(2.13배)는 높게 나타나 분석 정확도가 낮았다. 또한 '96년 검량식 확인시료 (Table 1 참조)에 비해 bias도 전질소를 제외한 다른 성분에서 높게 나타났고, 기올기도 에텔추출물을 제외한 다른 성분은 1.0 에서 벗어나는 정도가 심하여 분석의 정확도가 낮았다. 이와 같이 검량식 작성시료와 분석시료가 연산이 상이할 경우 분석 정확도가 낮아지는 경향은 Williams 등(1985)의 보고와 비슷하였다.

검량식 작성시료와 분석시료가 재배연도가 동일한 경우에 비해 재배연도가 상이할 경우 분석 정확도가 낮아지는 원인을 스펙트럼 특성으로 구명하기 위해 '96년 검량식 작성시료 스펙트럼으로부터 주성분(principal component) 3개를 구하고, '96년 검량식 작성시료와 '97년 분석시료의 주성분 점수(score)를 계산하여 그래프로 나타낸 결과는 Fig 1과 같다.

X : '96 flue-cured
 ※ : '97 flue-cured

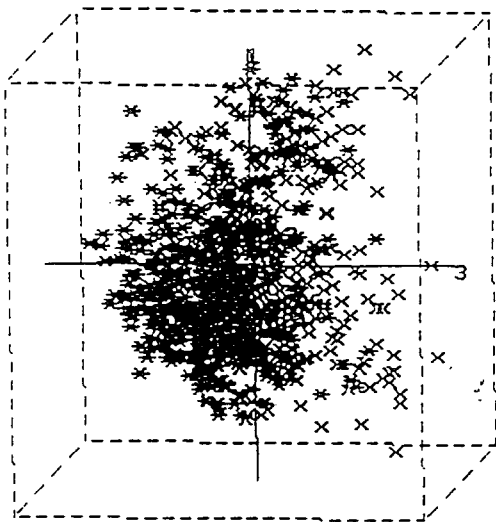


Fig. 1. The comparison of principal component scores derived from NIR spectrum between '96 and '97 flue-cured tobacco.

'96년 검량식 작성시료와 '97년 분석시료 대부분은 주성분 점수가 겹쳐있어 스펙트럼 특성이 비슷하였으나, '97년 일부 시료들은 그림의 좌측상단과 좌측하단과 같이 '96년 시료 주성분 점수와 겹쳐지지 않아 스펙트럼 특성이 상이한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 스펙트럼 특성이 다른 시료가 '96년 검량식에 포함되지 않아 '97년 분석시료의 분석의 정확도를 낮게하는 원인으로 작용한 것(Osborne과 Fearn, 1986)으로 고찰된다.

검량식 작성시료와 분석시료의 연산간 차이에 의해 발생하는 분석오차(Table 3 참조) 및 스펙트럼 특성차이를 검량식에 포함하기 위해 (Fig 1 참조) '96년과 '97년 시료 스펙트럼을 합하여 파일을 만든 후 검량식을 작성하고, 검량식 작성시료를 분석하여 기존 분석방법으로 분석된 성적과 비교한 결과는 Table 4와 같다.

검량식 작성시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차와 결정계수가 니코틴은 0.20%와 0.97, 전당 1.79%와 0.95, 전질소 0.13%와 0.95, 조회분 0.63%와 0.99, 에텔추출물 0.29%와 0.96, 그리고 염소 0.09%와 0.98로 각각 나타났다. Table 4에 나타난 검량식 작성시료의 표준오차를 '96년(Table 1 참조)과 '97년(Table 2 참조) 검량식 작성시료 표준오차와 비교하면 니코틴은 1.11배와 1.43배, 전당 1.12배와 1.10배, 전질소 1.00배와 1.44배, 조회분 1.09배와 0.95배, 에텔추출물 1.26배와 0.64배, 염소 1.00배와 1.00배로 각각 나타났다. 이러한 결과는 Osborne 등(1982, 1983)의 연구 결과와도 비슷한 경향이였다.

'96년과 '97년 시료를 합하여 검량식 작성시료로 작성한 검량식으로(Table 4 참조) '96년과 '97년 각각의 검량식 확인시료를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

'96년과 '97년 검량식 확인시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 각각의 표준오차는 니코틴이 0.23%와 0.17%, 전당 2.12%와 1.91%, 전질소 0.14%와 0.11%, 조회분 0.73%와 0.69%, 에텔추출물 0.28%와 0.41%, 그리고 염소 0.08%와 0.08%로, 또한 결정계수는 성분에 따라 0.82~0.97과 0.89~0.97로 각각 나타났다.

표 5에서 나타난 '96년 검량식 확인시료 표준오

Table 4. The calibration statistics for flue-cured tobacco derived from the samples of '96 plus '97 crop year

Component	Mean ¹⁾ (%)	SEC ²⁾ (%)	R ²	Terms ³⁾
Nicotine	1.76	0.20	0.97	13
Total sugar	18.40	1.79	0.95	12
Total nitrogen	2.22	0.13	0.95	11
Crude ash	12.83	0.63	0.99	13
Ether extracts	6.17	0.29	0.96	10
Chlorine	0.61	0.09	0.98	14

1) mean of standard laboratory analytical result 2) standard error of calibration
3) number of principal component

Table 5. NIR prediction statistics for flue-cured tobacco produced in '96 and '97 crop year using calibration equation derived from the samples of '96 plus '97 crop year

Component	'96 crop year					'97 crop year				
	Mean ¹⁾ (%)	SEP ²⁾ (%)	Bias (%)	Slope	R ²	Mean ¹⁾ (%)	SEP ²⁾ (%)	Bias (%)	Slope	R ²
Nicotine	1.87	0.23	0.02	1.05	0.95	1.75	0.17	-0.02	0.98	0.97
Total sugar	21.83	2.12	-0.39	0.92	0.82	21.32	1.91	-0.12	1.02	0.90
Total nitrogen	2.12	0.14	0.00	0.95	0.86	2.10	0.11	-0.01	1.04	0.94
Crude ash	11.09	0.73	0.04	1.02	0.96	11.05	0.69	-0.13	0.99	0.97
Ether extracts	5.85	0.28	-0.03	0.99	0.92	6.56	0.41	-0.04	1.01	0.89
Chlorine	0.56	0.08	-0.02	1.01	0.97	0.47	0.08	0.00	1.04	0.96

1) mean of standard laboratory analytical result 2) standard error of performance

차를 '96년 검량식으로 '96년 검량식 확인시료를 분석한 표준오차(Table 1 참조)와, Table 5에서 나타난 '97년 검량식 확인시료 표준오차를 '97년 검량식으로 '97년 검량식 확인시료를 분석한 표준오차(Table 2 참조)와 각각 비교한 결과, 각 성분별로 표준오차가 다소 커지거나 작아지나 대차는 없는 것으로 나타나 전체적으로는 분석 정확도가 비슷한 것으로 해석된다. 그러나 Table 5에서 나타난 '96년과 '97년 시료를 합하여 작성된 검량식으로 '97년 확인 시료를 분석한 결과는 '96년 시료를 사용하여 작성된 검량식으로 재배연도가 다른 '97년 확인시료를 분석한 결과(Table 3 참조)에 비해 분석 정확도가 향상되었음을 알 수 있다. 이상의 결과는 '96년과 '97년 시료를 합하여 작성된 검량

식은 '96년과 '97년 검량식 확인시료의 변이율(스펙트럼 특성) 충분히 반영 되었기 때문인 것으로 고찰된다. 따라서 검량식 작성시료와 분석시료의 재배연도 차이에 따른 스펙트럼 특성차이에 의해 분석 정확도가 낮아지는 것은, 본래 작성된 검량식에 재배연도에 따른 스펙트럼 특성의 차이를 보이는 시료를 더하여 검량식을 재작성(Marten 등, 1989) 하면 분석 정확도가 높아질 것으로 고찰된다. Osborne 등(1982, 1983)은 밀 시료를 4년간에 걸쳐 수집하여 수분 및 단백질 분석 검량식을 작성하여, 재배연도가 다른 수 연간의 시료를 분석한 결과 재배연도 차이에 따른 분석오차가 발생하지 않는 것으로 보고한 바 있다.

근적외 분광분석법으로 황색종 잎담배의 성분을

분석하여 분석 정확도가 높은 검량식을 얻기 위해서는 시비량, 재배방법, 건조방법 등의 시료변이를 포함하여야 하기 때문에 시간이 소요되거나 해결이 가능한 것으로 사료된다. 근적외 분광분석법은 기존 분석방법에 비해 분석의 정확도가 낮은 문제점이 있으나 잎담배 분석, 원료엽 가공 또는 제품담배 공정관리 등에서 다량의 시료에 대한 신속한 성분분석이 요구되는 경우 근적외 분광분석법의 응용이 가능할 것으로 판단된다.

결 론

근적외 분광분석법으로 황색종 잎담배의 성분을 분석하기 위해, '96년과 '97년산 시료를 근적외 분광기(NIRS사, Model 6500)로 파장 400-2500 nm 범위의 확산반사 스펙트럼을 얻어 검량식을 작성하고 시료를 분석하여, 기존 방법으로 분석된 성적과 비교한 결과는 아래와 같다.

'96년 검량식 작성시료와 확인시료를 근적외 분광분석방법과 기존 분석방법으로 분석한 성적간의 표준오차는 니코틴이 0.18%와 0.24%, 전당 1.60%와 1.77%, 전질소 0.13%와 0.15%, 조회분 0.58%와 0.68%, 에텔추출물 0.23%와 0.28%, 그리고 염소 0.09%와 0.08%로, 또한 결정계수(R^2)는 각 성분마다 0.94~0.99와 0.83~0.97로 각각 나타났다. '97년 검량식 작성시료와 확인시료 분석 결과는 '96년 시료와 비슷하였다. '96년 검량식으로 재배연도가 다른 '97년 시료를 분석한 결과, 표준오차가 니코틴 0.32%, 전당 2.72%, 전질소 0.14%, 조회분 1.00%, 에텔추출물 0.48% 및 염소 0.17%로, 또한 결정계수는 성분에 따라 0.87~0.96으로 각각 나타나, '96년 검량식으로 동일 재배연도인 '96년 시료를 분석한 결과에 비해 분석 정확도가 낮았다. '96년과 '97년 시료 스펙트럼을 합하여 검량식을 작성하고 '96년과 '97년 시료를 각각 분석한 결과는, '96년 또는 '97년 동일 재배연도 시료로 검량식을 작성하고 시료를 분석한 결과와 큰 차이를 보이지 않아 분석의 정확도가 비슷하였으나, '96년 시료로 작성된 검량식으로 재배연도가 다른 '97년 시료를 분석한 결과에 비해 분석 정확도가 높았다. 따라서 검량식 작성시료와 분석시료의 재배연도 차이

에 의해 분석 정확도가 낮아지는 것은 본래 작성된 검량식에 재배연도가 다른 시료를 더하여 검량식을 재작성 하면 해결이 가능할 것으로 고찰된다. 근적외 분광분석법은 기존 분석방법에 비해 분석 정확도가 다소 낮으나 잎담배 분석, 원료엽 가공 또는 제품담배 공정관리 등에서 다량의 시료에 대해 여러 성분 분석이 신속하게 요구되는 경우 응용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김찬호, 나효환, 박영수, 한상빈, 이문수, 이운철, 김용옥, 복진영, 안기영, 김용하, 백순옥, 장기철, 지상운 (1991) 담배성분분석법. p.30-220. 한국인삼연초연구소.
- 김용옥, 정한주, 백순옥, 김기환 (1995) 근적외선분광법을 이용한 버어리 토스트엽의 화학 성분 분석. 한국연초학회지 17(2); 177-183.
- 조래광 (1992) 비파괴측정법에 의한 잎담배 품질측정 자동화연구. 용역과제 연구보고서. p.1-32. 한국인삼연초연구소.
- Bense, T. and C. Gastellu (1983) Estimation of total volatile bases in tobacco by near-infrared(NIR) reflectance spectrophotometry. *Tob. Sci.* 27; 92-94.
- Birth, G. S., I. Murry, R. H. William, H. Martens, W. F. McClure, P. C. Williams, F. E. Barton II, B. G. Osborne, J. A. Panford, V. P. Krischenko, M. Iwamoto, S. G. Stevenson, R. Trachuk and K. H. Norris (1987) Near-infrared technology in the agricultural and food industries. p.1-246. 1st ed., P. C. Williams and K. H. Norris Ed., Amer. Asso. of Cereal Chem., Minnesota, U.S.A.
- Burns, D. A., E. W. Ciruczak, J. M. Olinger, J. J. Workman, G. J. Kemeny, H. Mark, W. F. McClure, P. C. Williams, W. R. Hruschka, J. S. Shenk and J. T. Diffie (1992) Handbook of Near-Infrared Analysis. p.1-474. 1st ed., D. A. Burns and E. W. Ciurczak Ed., Marcel Dekker Inc, New York, U.S.A.

- Hamid, A., W. F. McClure and W.W. Weeks (1978) Rapid spectrophotometric analysis of the chemical composition of tobacco. part 2: total alkaloid. *Beitrag zur Tabakforschung* 9;267-274.
- Heckman, R. T., J. T. Differ and L. A. Milhous (1987) Transfer of near-infrared monochromator calibrations for tobacco constituents to tilting-filter instruments. *Analytica Chimica Acta*. 192; 197-203.
- Infrasoft international (1992) ISI 3: Routine operation, calibration and network system management software for near infrared instrument. p.1-145. 1st ed., Infrasoft international, MD, U.S.A.
- Long, T. M. (1983) Application of near infrared reflectance spectroscopy to tobacco analysis. *Anal. Proc.* 20; 69-72.
- Marten, G. C., J. S. Shenk and F. E. Barton II (1989) Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality. *USDA-ARS Agricultural handbook* No. 643; 1-105.
- Martens, H., et al (1992) Near infra-red spectroscopy. p.1-463. 1st ed., K. I. Hildrum, T. Isaksson, T. Naes, and A. Tandberg Ed., Ellis Horwood Limited, West Sussex, U.K.
- McClure, W. F. and K. H. Norris (1977) Rapid spectrophotometric analysis of the chemical composition of tobacco, part 1: total reducing sugar. *Beitrag zur Tabakforschung* 9; 13-18.
- McClure, W. F. and R. E. Williamson (1982) Rapid spectrophotometric analysis of the chemical composition of tobacco, part 3: polyphenols. *Beitrag zur Tabakforschung* 11; 219-227.
- McClure, W. F. and R. E. Williamson (1986) Status of near infrared technology in the tobacco industry. *Proceeding of symposium of 40th TCRC*, p.3-53. Knoxville, TN, U.S.A.
- Osborne, B. G., Sturat Douglas, T. Fearn and K. H. Willis (1982) The development of universal calibrations for measurement of protein and moisture in UK home-grown wheat by near-infrared reflectance analysis. *J. Sci. Food Agric.* 33; 736-740.
- Osborne, B. G. (1983) Investigation of the performance of an improved calibration for the determination of protein in UK home-grown wheat by near-infrared reflectance analysis. *J. Sci. Food Agric.* 34; 1441-1443.
- Osborne, B. G. and T. Fearn (1986) Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis. p.1-182. 1st ed., B. G. Osborne and T. Fearn Ed., Longman Scientific & Technical, Harlow Essex, U.K.
- Pandeya, R. S., F. H. W. Nestorrosa and J. M. Elliot (1978) Rapid estimation of some flue-cured tobacco chemical characteristics by infrared-reflectance spectroscopy. *Tob. Sci.* 22; 27-31.
- Shenk, S. J. and M. O. Westerhaus (1991) Population structuring of near infrared and modified partial least squares regression. *Crop Sci.* 31; 1548-1555.
- Williams, P. C. and H. M. Cordeiro (1985) Effect of Calibration practice on correction of errors induced in near-infrared protein testing of hard red spring wheat by growing location and season. *J. Agric. Sci. Camb.* 104;113-123.
- Williamson, R. E. and W. F. McClure (1986) Rapid spectrophotometric analysis of the chemical composition of tobacco, part 4: total nitrogen. *Tob. Sci.* 30; 109-111.