

근적외선 분광광도계를 이용한 차제품의 표면 색상 및 발효정도 측정

천종은[†]

순천대학교 바이오자원학부

Measurement of Surface Color and Fermentation Degree in Tea Products Using NIRS

Jong Un Chun[†]

Division of Bioresources Science, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

ABSTRACT This study was conducted to measure tea surface colors using the visible bands (400~700 nm) with near-infrared spectroscopy (NIRS). The surface colors of 117 tea products were measured with a colorimeter. The a^*/b^* (CIE color scale) or a/b (Hunter color scale) ratios in different tea products accounted for about 99.7% of the variation in fermentation degree (FD), indicating that the $a^*/b^*(a/b)$ ratio is a very useful trait for assessing fermentation degree. Also tea powders were scanned in the visible bands used with NIRS. Calibration equations for surface colors and fermentation degree were developed using the regression method of modified partial least-squares (MPLS) with internal cross validation. The equations had low SECV (standard errors of cross-validation), and high R^2 (coefficient of determination in calibration) values with 0.779~0.999, indicating that the whole bands (400~2500 nm) with NIRS could be used to rapidly measure traits related to surface color, fermentation degree and other chemical components in tea products with high precision and ease at a time.

Keywords : surface color, fermentation degree, tea product, visible bands, NIRS, CIE $L^*a^*b^*$ color scale, Hunter Lab color scale

차제품의 표면 색상은 차 품질에 중요한 특성이며, 소비자 들은 색상을 포함한 전체적인 외형(외질)에 의해 주로 제품을 선택한다. 색상은 맛과 직접적인 관계를 갖는 경우가 많 으며, 가공과정은 최종 제품의 색상에 영향을 주며, 저장 및 기타 요인들도 색상의 변화에 영향을 준다. 육안에 의한 차 제품 색상의 판정은 주관적이며, 피곤하고 지루하며 또한 여러 단점이 있다. 따라서 과학적, 객관적이며 재현성이 높

은 colorimeter(측색계)를 이용하는 것이 바람직하다. 측색 계의 이용은 육안방법에 비해서 간단하고, 객관적이며, 더욱 정밀하고 시간이 짧고 단순하다. 식품산업에서 가장 널리 이 용되는 color scale에는 Hunter Lab scale과 CIE $L^*a^*b^*$ scale이 있고, Hunter Lab color scale은 1950s와 1960s에 발전되어 지금도 여러 분야에 이용되고 있다(Minolta, 1994). CIE $L^*a^*b^*$ color scale은 1976에 국제조명위원회(CIE)에 서 누구나 쉽게 균일한 color scale로 이용하도록 권장한 색 상 시스템으로 Hunter Lab가 아닌 CIE $L^*a^*b^*$ 의 사용이 세계적인 추세이다. Hunter Lab값은 여러 가지 공식에 의해 서 바로 CIE값으로 전환될 수 있으며(Pratt, 1991), L은 명 도를, a는 녹색-적색, b는 황색-청색 차원을 나타내는 3차원 체계이다. 특히 a/b 는 색상의 지표로서 Hunter 공간에서의 한 점이 원점과 이루는 각의 탄젠트로 나타난다.

차 분말에 대한 Hunter의 a/b 값이 전차(煎茶)의 관능검사 평점과 높은 상관관계가 있으며(Chun *et al.*, 2006), 차제품 의 색상에 대한 연구에서 비빔시간이 길어질수록 녹색계보 다 황색계가 더 증가하여 Hunter의 a 값과 b 값이 증가하였다 (Han *et al.*, 1999). Park *et al.*(2001)에 의하면 증열 100°C 에 20초 + 조유(건조) 80°C에 60분 처리시 제품의 녹색이 가장 짙어서 a 값은 -0.820, b 값은 17.82로 a/b 값은 -0.046으 로 매우 낮은 경향을 보였고, 초제차의 5개월 실온저장에서 a 값의 변화가 커서 -5.53에서 -4.25로 높아졌고(Shin *et al.*, 2001), 또한 오롱차의 제다과정에서 찻잎의 표면색상은일 광위조 및 실내위조 시간이 길어지면 명도는 높아지고, a 값 이 높아져 a/b 값도 약간 높은 경향이였다(Shin *et al.*, 2006).

최근에는 근적외선을 이용하여 분자진동에 의한 구조해 석 및 분석방법으로 근적외선 분광분석기를 활용하는 분야 가 점점 확대되고 있는 추세이다. 근적외선 분광분석에 의 한 녹차의 품질관련 성분인 총질소, 중성섬유소, 아미노산, 탄닌, 카페인, 카테킨 및 비타민 C(Goto, 1992; Ikegaya,

[†]Corresponding author: (Phone) +82-61-750-3212
(E-mail) chunju@sunchon.ac.kr <Received August 27, 2008>

1990; Choi *et al.*, 2001, Schulz *et al.*, 1999; Chun & Choi, 2007) 등을 분석하기 위한 검량식을 유도하였다.

근적외선 분광분석법의 장점은 화학약품이 필요 없고, 시료조제가 간단하여 다량의 시료를 신속하게 분석하는 것이 가능하며, 시료의 반복사용으로 재현성 있는 분석과 동시에 성분 분석이 실시간 현장에서 가능하다. 1~2분 이내에 1회 측정으로 총질소, 아미노산, 카페인, 카테킨 등을 측정할 수가 있다. 따라서 본 연구는 NIRSystem를 이용하여 가시광선 대역(400~700 nm)에서 차제품의 표면 색상을 분석할 수 있는 검량식을 유도하여 기존 유도된 검량식(Choi *et al.*, 2001; Chun & Choi, 2007)에 병합(merge)하여 전 대역에서(400~2500 nm) 차 제품의 여러 성분을 동시에 신속, 간단하게 분석할 수 있는 분석법을 개발하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험재료는 한국산 녹차 제품 60개, 연구용으로 제다한 부분발효차 20개, 중국 녹차 및 부분발효차 20개, 대만 부분발효차 10개, 일본산 녹차 4개, 홍차 2개, 보이차 1개 제품을 사용하였다. 각 제품을 구입하여 -20℃ 냉동고에 보관하여 분석할 때에 각 제품 10 g씩 sample mill(Cyclotec 1093, Sweden)로 분쇄(200 mesh)하여 사용하였다.

차분말의 색상 측정

각 차 제품 분말 시료 약 3 g를 표준 sample cup(NIRs 용, 직경 35 mm)에 넣은 후 실온에서 spectrophotometer (CM-2022, Minolta, Japan)를 이용하여 CIE L*a*b* color scale 및 Hunter Lab color scale를 3회씩 측정하여 평균값

을 구하였다.

근적외선 스펙트럼 분석

동일한 분말 시료의 가시광선 대역(400~700 nm)의 스펙트럼은 근적외선 분광광도계(NIRSystems model 6500, Foss NIRSystems Inc., MD, USA)로 측정하였다. 각 분쇄 시료 약 3 g를 standard sample cup에 넣은 후 실온에서 scanning하여 스펙트럼을 얻었다. 얻은 스펙트럼을 standard normal variance(SNV)와 detrend로 입도 차이에서 유인되는 산란을 보정하였으며, 얻어진 스펙트럼을 파일로 작성하여 각 스펙트럼 영역별 중첩에서 기인하는 오차를 최소화하기 위해서 1차 미분으로 스펙트럼을 처리하여 데이터 분석 및 성분에 대한 검량식을 작성하고 이를 미지의 시료에 적용하여 그 결과를 얻었다.

통계처리

Scanning, 수 처리 및 통계분석을 위한 Near-infrared spectroscopy(NIRS)의 조작용 WinISI II software(Windows version 1.04, Foss and Infrasoft International LLC, Stage College, PA, USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

차제품의 표면 색상의 측정

차제품의 색상은 녹차의 품질평가 항목으로 중요할 뿐 아니라 품질을 평가하는 외질 평가 기준으로, 탕색과 우린 염색에도 크게 영향을 미친다. 또한 차 제품의 색상은 위조 및 발효 정도를 결정하는데 중요한 기준이 될 수 있다.

측색계로 측정한 다양한 차제품의 색상관련 특성(Table 1)을 비교하면 CIE color scale에서 L*값의 범위는 39.43~

Table 1. Means, ranges, standard deviations (SD), and coefficients of variation (CV) for each parameter related to color of tea products measured with a spectrophotometer (n=117).

Parameter	CIE L*a*b* color scale						Hunter Lab color scale						FD (%)
	L*	a*	b*	ΔE*	a*/b*	C*	L	a	b	ΔE	a/b	C	
Mean	55.37	1.45	24.39	51.20	0.07	24.84	48.39	1.20	8.97	52.81	0.17	9.83	37.9
Min	39.43	-5.35	18.98	40.96	-0.20	19.66	33.39	-5.04	6.31	42.53	-0.52	7.79	2.0
Max	65.07	11.41	28.61	64.03	0.52	30.41	58.42	9.72	10.61	78.00	1.28	13.33	99.0
SD	5.92	4.60	2.35	5.35	0.19	2.47	5.89	3.93	0.95	6.30	0.47	1.20	25.9
CV (%)	10.7	317.2	9.6	10.4	316.7	9.9	12.2	327.5	10.6	11.9	293.8	12.2	68.4

$\Delta L^* = L^*_{sample} - L^*_{standard}$, $\Delta a^* = a^*_{sample} - a^*_{standard}$, $\Delta b^* = b^*_{sample} - b^*_{standard}$,
 $\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$, $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$
 $\Delta L = L_{sample} - L_{standard}$, $\Delta a = a_{sample} - a_{standard}$, $\Delta b = b_{sample} - b_{standard}$,
 $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$, $C = \sqrt{a^2 + b^2}$, FD; fermentation degree (0~100).

65.07, 평균값 55.37, 변이계수 10.7%였고, a*값의 범위 -5.35~11.41, 평균값 1.45, 변이계수 317.2%로 제품간 변이성이 매우 컸다. b*값의 범위 18.98~28.61, 평균값 24.39, 변이계수 9.6%였고, a*/b*값의 범위 -0.20~0.52. 평균값 0.07, 변이계수 316.7%로 변이성이 컸다. 또한 Hunter color scale에서 L값의 범위는 33.39~58.42, 평균값 48.39, 변이계수 12.2%였고, a값의 범위 -5.04~9.72, 평균값 1.20, 변이계수 327.5%로 제품간 변이성이 매우 컸다. b값의 범위 6.31~10.61, 평균값 8.97, 변이계수 10.6%였고, a/b값의 범위 -0.52~1.28 평균값 0.17, 변이계수 293.8%로 변이성이 컸다.

두 색상 시스템간에 차이를 보면(CIE & Hunter color system), CIE color scale에서 L값(6.98), a값(0.25) 및 b값(15.42)이 높았으나, a/b(0.09)값은 Hunter color scale에서 높았다. 또한 차 제품간 변이성이 특히 큰 특성은 a*(a)와 a*/b*(a/b)로 변이계수가 각 각 317.2~327.5%와 293.8~316.7%로 NIRS 검량식을 유도하는데 적합한 시료의 다양성을 보였다.

차제품의 발효(산화) 정도 추정

차제품의 발효정도는 찻잎의 녹색의 변화와 폴리페놀의 산화에 따른 황색 또는 갈색 정도로 판단할 수가 있으므로 CIE color scale과 Hunter color scale에서 a*/b*(a/b) 값을 이용하여 최고치에서 최저치를 뺀 값을 계급수로 나누어서 결정하였다. a*/b*값을 기준으로 1%에서 100%까지 발효정도를 구분하여 한 형질(trait)로 이용하였다.

117개의 차 제품 표면 색상관련 형질 간 상관관계는 Table 2에서 보는 바와 같이, CIE color scale과 Hunter color scale에서 색상관련 형질 간 단순 상관계수는 L값 0.999**, a값 1.00**, b값 0.839**, a/b값 0.999**로 극히 높은 상관관계를 보여 두 색상 측정 시스템이 비슷한 경향을 보였다. 또한 발

효정도(X₉)는 L값(-0.787** ~ -0.793**)과 부의 상관, a값(0.991** ~ 0.994**) 및 a/b값(0.999**)과는 고도로 유의한 정 상관관을 보였다. b값은 Hunter color scale에서만 부의 상관(-0.539**)을 보였다.

발효(산화) 정도(X₉)를 추정하기 위한 다중회귀직선을 유도한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이, CIE color scale과 Hunter color scale에서 발효정도(X₉)의 변이를 X₄(a*/b*)나 X₈(a/b)로 99.7% 설명될 수 있으며, X₂(a*)나 X₇(b) 변수의 추가 시 기여도는 극히 적었다. 따라서 본 결과는 차 제품을 분말화하여 측색계를 이용하여 a, b, a/b값을 측정하여 특히, a/b값으로 차제품의 발효정도를 결정할 수 있는 유용한 특성(trait)으로 이용할 수 있다.

반발효차 제다과정에서 위조정도와 요청 회 수가 증가할 수록 찻잎의 가장부분 조직의 세포가 파괴되어 수분의 손실이 촉진되고 산화작용도 증가하게 된다. 그러나 강한 부분 발효차에서와 같이 위조과정이 더 진행된다면 수분의 손실이 커지면서 찻잎의 겉 부분이 마르고 손등으로 찻잎을 접 촉하면 약간 찌르는 듯한 느낌을 준다. 따라서 이 경우에는 찻잎을 합하여(예를 들면 2개의 채반의 찻잎을 1개의 채반에 합한다), 약간 두껍게 하여 채반의 중앙부분을 높게 하여 정치시킨다. 또한 정치 중에 찻잎의 수분의 손실을 억제하기 위해서 찻잎이 들어있는 채반 위를 빈 채반으로 덮어주거나 젖은 천으로 채반 위를 덮어준다. 특히, 강 발효차인 동방미인차의 제다과정 『실내위조 ⇒ 덩음 ⇒ 민황 ⇒ 유념』에서 민황이라는 공정에서 덩음이 끝난 찻잎을 따스하게 유지하여 찻잎의 안과 밖 조직의 수분 평형을 유지하여 유념할 때에 찻잎이 부서지는 것을 적게 한다. 결론적으로 발효정도가 높은 부분발효차의 제다공정에서 적당한 수분의 유지와 산화작용을 촉진하여 좋은 향기 생성을 유도하는

Table 2. Simple correlation coefficients among variables related to color scales in the different tea products measured with a spectrophotometer (n=117).

Variable	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X ₁ (L*)	-0.764**	-0.255**	-0.791**	0.999**	-0.752**	0.737**	-0.796**	-0.793**
X ₂ (a*)	-	-0.058 ^{ns}	0.991**	-0.760**	1.00**	-0.484**	0.994**	0.994**
X ₃ (b*)		-	-0.143 ^{ns}	0.249**	-0.050 ^{ns}	0.839**	-0.124 ^{ns}	-0.120 ^{ns}
X ₄ (a*/b*)			-	-0.786**	0.989**	-0.554**	0.999**	0.999**
X ₅ (L)				-	-0.748**	0.733**	-0.791**	-0.787**
X ₆ (a)					-	-0.472**	0.991**	0.991**
X ₇ (b)						-	-0.544**	-0.539**
X ₈ (a/b)							-	0.999**
X ₉ (FD)								-

FD; fermentation degree, **Significant at the 1% level, ns; not significant

Table 3. Multiple regression equations between fermentation degree (X_9) and variables related to surface color in tea products (n=117).

CIE L*a*b* color scale	R ²
$X_9 = 29.44 + 137.11^{**} X_4$	0.995
$X_9 = 29.50 + 106.99^{**} X_4 + 1.25^{**} X_2$	0.998
Hunter Lab color scale	
$X_9 = 29.05 + 55.32^{**} X_8$	0.998
$X_9 = 27.24 + 55.54^{**} X_8 + 0.20^{**} X_7$	0.999

X_2 a*, X_4 ; a*/b*, X_7 ; b, X_8 ; a/b, **Significant at the 1% level.

것이 제다의 노하우라고 생각된다.

본 연구에서는 일광위조 및 실내위조 과정에서 자연 발생적 산화작용을 위주로 진행시켰으며 위조 마무리 단계에서 차잎이 다소 건조된(수분함량 40.3~48.2%) 상태이고 실내 온도도 약간 낮은 상태로 산화작용이 극히 미약한 상태에서 위조를 종료하였다. 따라서 녹차나 발효도가 다양한 부분발효차의 발효정도를 추정하는데 차제품의 색상을 이용하는 것이 매우 적합하다고 생각되었다. 특히 CIE color scale와 Hunter color scale에서 a*/b*값이나 a/b값으로 발효정도를 매우 높은 정확도로 추정할 수가 있었다.

차제품의 가시광선 대역 스펙트럼 특성

117개 차 제품에 대하여 근적외선 분광광도계로 가시광선 대역(400~700 nm)에서 Fig. 1과 같은 스펙트럼을 얻었다. NIRS의 이용 최대 장점은 차 제품의 여러 성분을 동시에 분석 할 수가 있다는 점이다. 따라서 NIRS로 가시광선 대역(400~700 nm)에서 차제품 표면 색상을 측정하고 동시에 근적외선 대역(900~2500 nm)에서 여러 화학 성분을 동시에 분석할 수 있다. 본 연구에서는 가시광선 대역(Fig. 1)에서 색도에 기인되는 다수의 흡광 피크를 보이며, 스펙트

럼의 산란 보정 및 1차 미분의 수행(Fig. 2)을 통하여 입도에 기인되는 기준선의 변위 및 흡광의 중첩을 분리해냄으로써 각 밴드들의 뚜렷한 분리도를 얻었다. 근적외선 대역에서 여러 농산물이 갖는 대표적인 흡광 피크에 대한 정보는 기 보고하였다(Goto, 1992; Ikegaya, 1990; Choi *et al.*, 2001; Schulz *et al.*, 1999).

NIRS에 의한 색상관련 형질에 대한 검량식 유도

Modified partial least square(MPLS)를 이용하여 차제품 표면 색상관련 특성에 대한 검량식을 유도하였다(Table 4). 다변량법은 그동안 많은 연구가 이루어져 왔으며 Thomas (1994)에 의해 설명되어져, PCR 및 PLS방법의 검량식이 다변량법인 MLR 방법을 대체하고 있다. 이러한 가운데 교차검증(cross validation)을 이용하는 MPLS 방법은 파장의 전대역과 실험치와의 상관관계를 유도하는 과정에서 각 factor (파장 변수)에 따른 상관도 및 교차검증결과의 오차를 얻을 수 있으므로 overfitting되지 않는 검량식을 유도 할 수 있다. 이러한 통계분석법을 이용하여 최종 PLS 수행결과는 초기의 것에 비해서 상관도는 매우 높아지고, 표준오차는 낮았다.

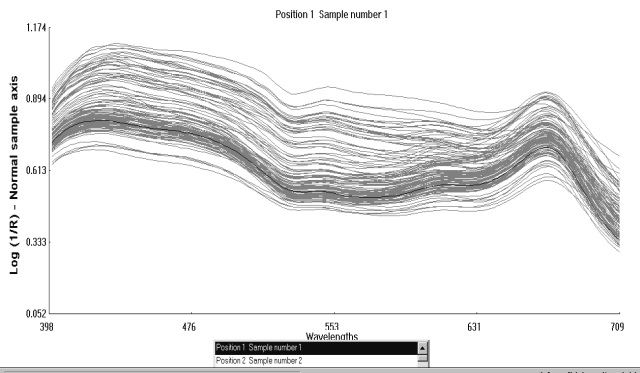


Fig. 1. Absorbance spectra per wavelength from 400 to 700 nm in tea products.

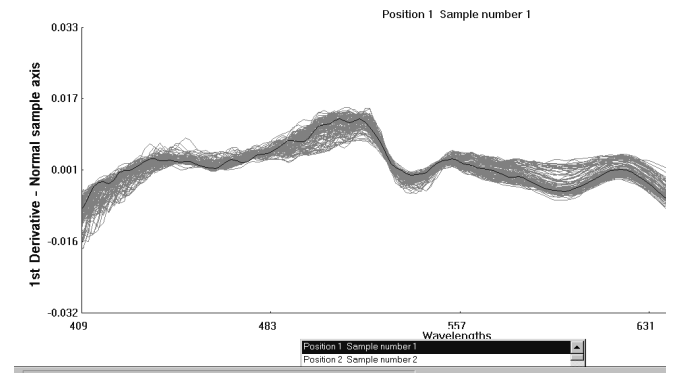


Fig. 2. First derivative absorbance spectra per wavelength from 400 to 700 nm in tea products.

Table 4. Statistics of calibration equations for prediction of authentication of surface color in tea products by applying NIRS in the reflectance mode.

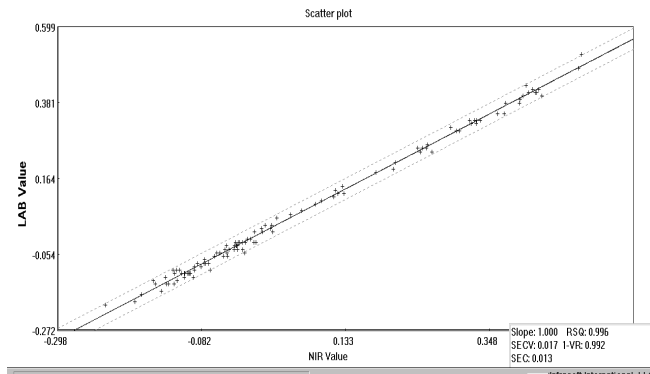
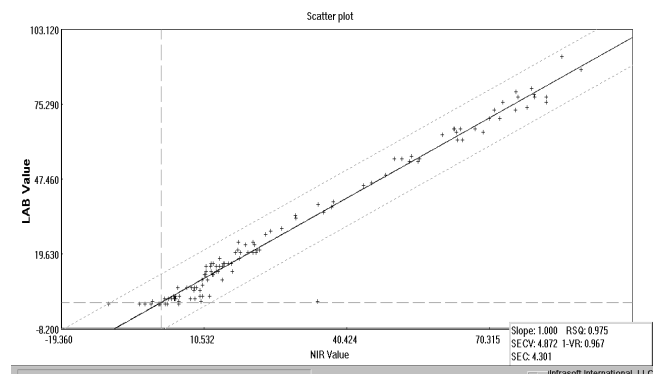
Parameter	n	Mean	SEC	SECV	R ²	1-VR
L*	117	55.37	0.898	1.000	0.977	0.972
a*	117	1.45	0.174	0.201	0.999	0.998
b*	117	24.39	0.886	0.962	0.858	0.833
△E*	117	51.20	0.696	0.835	0.983	0.976
a*/b*	112	0.07	0.013	0.017	0.996	0.992
C*	117	24.85	0.927	1.000	0.859	0.834
L	117	48.39	0.974	1.035	0.973	0.969
a	117	1.20	0.133	0.152	0.999	0.999
b	117	8.97	0.298	0.318	0.902	0.888
△E	117	52.81	2.958	3.042	0.779	0.767
a/b	113	0.17	0.028	0.036	0.997	0.994
C	117	9.84	0.566	0.690	0.869	0.864
FD	117	37.93	4.301	4.872	0.974	0.967

$$\Delta L^* = L^*_{\text{sample}} - L^*_{\text{standard}}, \Delta a^* = a^*_{\text{sample}} - a^*_{\text{standard}}, \Delta b^* = b^*_{\text{sample}} - b^*_{\text{standard}}, \Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}},$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}, \Delta L = L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}}, \Delta a = a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}}, \Delta b = b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}},$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}, C = \sqrt{a^2 + b^2}, \text{FD; fermentation degree}$$

n; sample number, SEC; standard error of calibration, SECV; standard error of cross validation. R²; coefficient of determination of calibration. 1-VR; percentage of variation in the reference method values explained by NIRs.

**Fig. 3.** Relationship between predicted a*/b* values acquired by NIR and spectrophotometer in tea products.**Fig. 4.** Relationship between predicted FD (fermentation degree) values acquired by NIR and spectrophotometer in tea products.

차제품의 색상관련 특성 측정을 위한 검량식을 유도한 결과를 Table 4에서 보면, 파장 변수(factor)가 증가함에(calibration equation) 따라 표준오차는 감소하고, 결정계수 및 1-VR은 증가하였다. 최종 작성된 검량식의 결과를 보면, CIE color scale에서 L*값의 검량식 작성시 결정계수(R²)는 0.977, 검증시 상관도(1-VR)도 0.972로 매우 높았다. a*값의 결정계수는 0.999, 검증시 상관도도 0.998로 매우 높았다. b*값의 결정계수는 0.858, 검증시 상관도도 0.833로 높

았다. a*/b*값의 결정계수는 0.996, 검증시 상관도도 0.992로 매우 높았다.

Hunter color scale에서 L값의 결정계수(R²)는 0.973, 검증시 상관도(1-VR)도 0.969로 매우 높았다. a값의 결정계수는 0.999, 상관도도 0.999로 매우 높았다. b값의 결정계수는 0.902, 검증시 상관도도 0.888로 높았다. a/b값의 결정계수는 0.997, 검증시 상관도도 0.994로 매우 높았다.

측색계로 얻은 색상 관련 특성과 NIRs의 검량셋트(cal-

bration set)에서 추정된 값(predicted values)간의 상관도는 Fig. 3~4에서 보는 바와 같이 이들 특성의 상관도는 매우 높고 변이의 78~100%가 설명되어 지었다(Table 4). 이들 각각 성분별에 대한 기울기가 1.00에 거의 근사치이었고, SEP (standard error of prediction)이 낮아서 over-fitting이 적다는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과에서 차 제품 표면 색상 관련 특성들(CIE color scale; L*, a*, b*, a*/b*, Hunter color scale; L, a, b, a/b)에 대한 검량식 정확도가 매우 높아서 NIRS의 가시광선 대역(400~700 nm)에서 이들 특성을 용이하고 정밀하게 측정할 수가 있으며, 또한 근적외선 대역(900~2500 nm)에서 기존 성분분석 화일과 병합하여(merge) 차 제품의 표면 색상 및 화학적 성분을 1~2분내로 동시에 측정이 가능하므로 차 제품의 품질향상과 품종 육성에 적극적으로 활용할 수가 있을 것이다.

적 요

녹차, 부분발효차 및 발효차 등 다양한 차제품 117개 제품을 수집하여 분말화하여 측정계로 각 차제품의 표면 색상을 측정 후 NIRS를 이용하여 가시광선 대역(400~700 nm)에서 스펙트럼을 얻어 중회귀분석에 의해 각각 색상 관련 특성에 대한 검량식을 작성하였다.

1. 측정계로 제품의 색상을 측정한 결과 CIE color scale에서 L값(6.98), a값(0.25) 및 b값(15.42)이 높았으나, a/b(0.09) 값은 Hunter color scale에서 높았다. 또한 색상관련 특성 a*(a)와 a*/b*(a/b)의 변이계수가 317.2~327.5%와 293.8~316.7%로 제품간 변이성이 매우 컸다.

2. CIE color scale와 Hunter color scale에서 발효정도(X₉)의 변이를 a*/b*(X₄)나 a/b(X₈)로 99.7% 설명될 수 있어 a*/b*(a/b)값으로 차제품의 발효정도를 추정할 수 있다.

3. Modified partial least square(MPLS)를 이용하여 작성된 검량식의 결과 두 color scale을 종합하여 L값의 검량식 작성시 결정계수(R²)는 0.973~0.977, 검증시 상관도(1-VR) 0.969~0.972, a값의 결정계수는 0.999, 검증시 상관도 0.998, b값의 결정계수는 0.858~0.902, 검증시 상관도 0.833~0.888, a/b값의 결정계수는 0.997, 검증시 상관도 0.993으로 매우 높았다.

4. 차 제품 표면 색상관련 특성들(CIE color scale; L*, a*, b*, a*/b*, Hunter color scale; L, a, b, a/b)의 검량식 정확도가 매우 높아서 NIRS의 가시광선 대역(400~700 nm)

에서 이들 특성을 용이하고 정밀하게 측정할 수가 있으며, 또한 근적외선 대역(900~2500 nm)에서 기존 성분분석 화일과 병합하여(merge) 차 제품의 표면 색상 및 화학적 성분을 1~2분내로 동시에 측정이 가능하다.

인용문헌

- Choi, J., J. U. Chun, J. H. Park, G. H. Shin, K. C. Lim, and K. C. Cho. 2001. A simple analysis method for chemical components of tea leaves using near-infrared spectroscopy. *J. Kor. Tea Soc.* 7(2) : 77-89.
- Chun, J. U. and K. S. Choi. 2007. Nondestructive and rapid method for measurement of catechin contents in green tea products using NIRS. *J. Kor. Tea Soc.* 13(3) : 99-112.
- Chun *et al.* 2006. Tea quality evaluation methods in Korea, China, Japan and America. Sungmin. pp. 249.
- Goto, T. 1992. Studies on NIR analyses of the chemical components in fresh tea leaf and crude tea and the evaluation of tea quality, *Tea Annual Report* 76 : 51-61.
- Han, J. S., J. H. Park, H. K. Choi, and W. N. Hou. 1999. Effects of mechanical 1st rolling time during processing on quality of five times pan-fired green tea. *J. Kor. Tea Soc.* 5(1) : 21-31.
- Ikegaya, K. 1990. Determination of chemical constituents in processed green tea by near infrared analysis, *JARQ* 24: 49-53.
- Minolta. 1994. Precise color communication. Minolta Co. Ltd. Japan. pp. 49.
- Park, J. H., K. H. Park, and K. C. Lim. 2001. Effect of steaming and primary drying condition on Okro tea quality in the manufacturing of Okro tea. *J. Kor. Tea Soc.* 7(2): 91-100.
- Pratt, W. K. 1991. Digital image processing. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 698.
- Schulz, H., U. H. Engelhardt, A. Wegent, H.-H. Drews, and S. Lapczynski. 1999. Application of near-infrared reflectance spectroscopy to the simultaneous prediction of alkaloids and phenolic substance in green tea leaves, *J. Agric. Food Chem.* 47 : 5064-5067.
- Shin, K. H., J. H. Park, J. Choi, J. S. Han, and K. C. Lim. 2001. Effects of storage temperatures and water contents on the quality in crude green tea. *J. Kor. Tea Soc.* 7(3): 15-25.
- Shin, K. H., J. Choi, and H. J. Kim. 2006. A study on the effect of the quality of Oolong tea according to processing methods. *J. Kor. Tea Soc.* 7(2): 91-100. 12(3): 71-76.
- Thomas, E. V. 1994. A primer on multivariate calibration, *Analytical Chem.* 66(15): 789A-804A .