

잎담배의 광반사 특성⁺

Reflectance Characteristics of the Tobacco Leaves

趙漢根*
H. K. Cho

權 洋*
Y. Kwon

龐聖勳**
S. H. Bang

Summary

Optical properties of the tobacco leaves were determined. Surface colors and reflectance characteristics of the flue-cured variety and the Burley variety with thin and thick leaves were measured. Color was measured by CIE colorimeter and reflectance was measured with a laboratory built reflectance meter utilizing optical bandpass filters whose center wavelengths are from 400 to 700 nm at intervals of 50 nm. The resulting data indicated that the measured color and reflectance would be useful in inspecting tobacco. However no single optical data could be used to successfully grade tobacco leaves.

1. 서 론

농촌 노동력의 급격한 감소와 함께 농업 생산의 전 분야에 걸쳐 기계화와 더불어 자동화가 시급한 실정이다. 다른 농작물에 비해 투하 시간과 노동력이 많이 소요되는 잎담배의 경우도 예외일 수는 없다. 현재 국내에서는 자동화의 추진 정도가 미흡하기는 하나 농업 생산물의 생산, 가공 및 품질평가에 있어서 자동화를 통한 생산성 향상과, 상품의 고품위 유지 및 규격화로서 대외 경쟁력을 유지하려는 움직임이 활발하다. 그러나 생물체를 다루는 농업 분야에서는 대상체들이 규격화 되어 있지 않고 주위 환경의 변화에 따라 민감하게 그 특성이 변하기 때문에 농산물의 특성을 정확하게 측정하여 자동화 설비를 적용하기가 쉽지 않다. 그리고 일부를 제외한 대부

분의 농업과 관련된 작업 공정들은 고기능의 인식 및 판별을 요구하는 경우가 대부분이어서 자동화에 있어서 기술적인 면은 물론 융통성 있는 설비를 필요로 한다. 우리나라의 잎담배 농업은 노동 집약적 방법에 의존하고 있어서 인건비과 다지출에 의한 생산원가가 높은 편이다. 특히 수확 후 잎담배의 손질과 반입작업에 투하된 노동량이 황색종의 경우 전체 노동 투하량의 37.4%, 버얼리종은 30.4%를 차지하고 있어 작업의 공동화를 통한 대규모화와 생산기술의 성력화 연구가 시급한 실정이다. 잎담배의 선별은 잎담배 생산의 최종 단계의 작업으로서 품질과 가격을 결정하는 중요한 요인이다.

잎담배의 품질을 평가하는 방법은 일반적으로 試喫評價法, 肉眼鑑定法, 理化學的 推定法으로 구분되는데, 시각평가법은 잎담배가 껍질의 대

+ 본 연구는 1992년도 한국과학재단의 핵심연구과제 연구비 지원으로 수행됨

* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 신흥기업사 부설연구소

상이므로 가장 적당한 방법이지만 일시에 많은 수량을 평가할 수 없고 시க்க자에 따라 결과가 달라질 수 있으며 절대치가 아닌 상대치로 표현되기 때문에 객관성이 결여되는 단점이 있다. 이 화학적 추정법은 잎담배가 함유하는 여러 가지 내용성분 함유량과 성분간의 비율이 향긋미에 미치는 영향을 고려하여 품질계수로서 표현하는 방법인데 현실성은 높지만 분석에 따른 시간과 비용문제가 있다. 육안감정법은 많은 물량을 신속하게 평가할 수 있는 장점 때문에 지금까지 전세계적으로 가장 널리 이용되고 있다. 육안감정법은 이 화학적 특성과 외형적 특성이 밀접하게 관련되어 있는 점을 전제로 하기 때문에 올바른 품질평가를 위해서 잎담배의 외형적 특성이 잘 파악되어야 한다.

국내에서는 잎담배를 단기간에 수매하기 위해 육안감정법에 기초하여 가시적이고 형태적인 요인에 의한 주관적인 품질평가가 수행되고 있다. 그러나 인력에 의한 품질평가는 숙련된 노동력이 요구될 뿐만 아니라 선별자에 따라 판정기준이 다르게 적용될 수 있고 장시간 작업에 따른 피로에 의한 오판 가능성이 높으며, 지역간에도 기준의 차이가 존재하기 때문에 객관적인 품질평가가 어려워 품질좋은 담배수매에 지장을 초래할 수 있고, 등급판정을 둘러싼 생산 농민과의 마찰을 초래하는 경우가 많은 실정이다.

국내에서 김등(1992)은 사과와 분광반사특성과 비파괴품질 평가인자와의 상관관계를 분석하였고, 배(1992)는 사과의 색상선별을 위한 기준으로 분광 광도계에 의한 표면반사특성과 색차계에 의한 색특성을 이용한 사과선별 모델을 제시하였다. 최근 선진국에서는 광 에너지를 이용한 광학적 선별기로 농산물의 크기 및 표면 색상, 내부 구성요소 등을 판별하여 감자, 오이, 양파, 사과, 토마토, 복숭아 등의 선별에 이용하고 있다. 광학적 선별기는 광에너지의 반사, 흡수 및 투과 스펙트럼을 이용하거나 화상처리(image processing) 등을 이용하는데 반사 스펙트럼을 이용하는 경우는 물체의 표면 색상에 의한 파장

별 반사특성을 측정하여 표면 색상에 따라 개체를 분류하고, 화상처리를 이용한 선별은 카메라로 잡은 화상을 컴퓨터로 분석하여 대상체를 크기 및 색상별로 분류한다. 이렇게 농산물에 대한 품질평가 요소를 기계적 시각에 의하여 비파괴적으로 검사하고 선별하는 자동화 설비 개발에 대한 연구가 국내에서도 최근 몇년 동안 활발히 진행되고 있다. McClure(1975)는 담배의 갈색화 반응 검사에 분광분석법을 이용하였고, Howarth등(1990)은 당근의 품질검사를 위하여 표면반사 특성을 조사하였고, 535~722 nm 파장대의 반사도로 결함을 75% 까지 식별할 수 있음을 보고하였다. Casady등(1993)은 대두콩 종자의 결함을 식별하기 위하여 436~724 nm 파장대에 대부분의 식별정보가 존재함을 발견하였고, 분광반사특성을 이용한 종자 등급판정의 가능성을 제시하였다.

본 연구는 영상처리 기술을 이용한 잎담배의 품질평가 자동화설비 개발의 기초연구로서 객관적인 비파괴 평가인자를 결정하기 위한 목적으로 수행되었다. 잎담배의 품질을 객관적으로 평가하고 분류하기 위하여 전자기 스펙트럼의 400~700nm의 가시광 영역에서 잎담배의 표면 반사율에 의한 품종별, 등급별 광학적 특성과 명도, 색상, 채도의 색특성을 실험 조사하였고, 통계적인 방법으로 자료를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

잎담배의 품종에는 황색종(Flue-cured) 버얼리종(Burley), 오리엔트종(Oriental), 엽권종, 재래종 등이 있으나, 국내에서는 황색종과 버얼리종을 주로 재배하고 있어서 이들 품종을 실험 품종으로 사용하였다(91년 수매기준, 수매가 대비, 황색종 70%, 버얼리종 30%, 수매량 대비, 황색종 68%, 버얼리종 32%). 실험재료로 사용된 잎담배는 한국 담배인삼공사에서 1991년에

등급별로 수매한 원료 잎담배로 황색종(NC 82)은 충주 제조장에서, 버얼리종(Br.21)은 청주 제조장에서 각각 품종별, 등급별로 한 묶음(약 50매)씩을 공급받았다.

이중 등외를 제외한 1등급에서 5등급까지 품종별로 색특성 조사를 위해 5매씩을, 광반사 특성 조사를 위해 3매씩을 임의 추출하여 실험재료로 사용하였다.

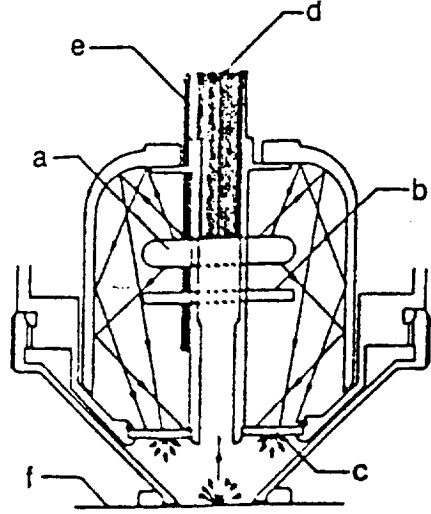
나. 실험 장치

1) 색 측정장비

색 특성의 측정에 사용된 장비는 MINOLTA CHROMA METER CR-200로서 절대색도(absolute chromaticity) 측정을 위한 CIE Y_{xy} , $L^*a^*b^*$ 등 다섯 개의 색 체계들과, 색차(Color difference) 측정을 위한 $\Delta(Y_{xy})$, $\Delta(L^*a^*b^*)$ 등의 네 개의 색 체계들과 색밀도(Colorimetric density difference) 측정을 지원한다. 이 CHROMA METER CR-200은 측정헤드와 데이터 프로세서로 구성되어 있는데, 그림 1은 측정헤드의 광학적 구조를 보여준다. 측정헤드는 반사광을 이용하여 여러 형태의 표면의 색특성을 측정한다. 혼합실 내에 위치한 Pulsed Xenon arc (PXA) 램프가 8 mm 직경의 측정부위에 고른 확산광을 공급하고, 표면에 수직인 반사광만이 광섬유 케이블을 통하여 수집되어 분석된다. 또한 자체에 내장된 마이크로 프로세서를 이용하여 각 측정값의 평균 등을 자동적으로 인쇄할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

어떤 색을 다른 색과 구분할 때는 명도(lightness), 색상(hue), 채도(chroma or saturation)가 사용된다. 본 실험에서는 국제조명위원회(CIE, Commission internationale de l'Eclairage)에서 규정한 XYZ 표색계가 사용되었다. Y 값으로 표시 되는 명도는 완전반사를 1로 했을 때의 백분율로 표시되고, 색도값인 색상과 채도는 xy 색도도의 x, y 좌표값으로 표시된다.

2) 광반사 스펙트럼 측정장비



- a. Pulsed xenon arc lamp
- b. Baffle
- c. Diffuser plate
- d. Optical-fiber for measuring sample
- e. Optical-fiber cable for monitoring illumination
- f. Sample

Figure 1. Optical system of colorimeter head (CR-200, Minolta).

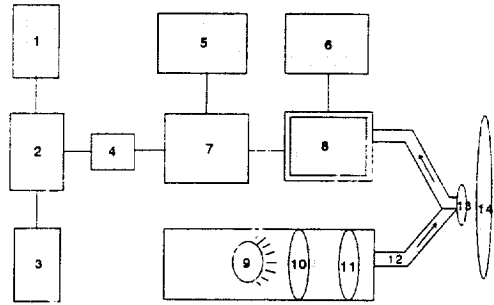
잎담배의 표면 반사에 의한 광학적 특성을 측정하기 위해 사용된 장비는 분광광도계(spectrophotometer)로서 이 기기의 가장 큰 특징은 생물체를 비파괴적으로 검사하고 빛의 투과, 흡수, 반사 특성을 이용하여 물체와 빛간의 상호작용을 측정한다. 본 실험에 사용된 분광 광도계는 빛의 반사 특성을 측정할 수 있는 계측기로서 개략도를 그림 2에 나타내었다. 시스템의 구성 요소는 크게 광원 발생장치, 광전달장치, 검출부, 데이터 입력 및 처리부 등으로 되어 있다. 구성 요소에 대한 설명은 다음과 같다.

광원 발생장치는 광원으로 소비전력 120V, 출력 300W의 할로겐 전구가 쓰였고, 700nm 이상의 파장을 차단시키는 단파장 통과필터(short

wavelength pass filter), 400~700nm 영역의 가시광선을 50nm 간격으로 나누어 주는 대역통과 필터(band pass filter), 광원 발생장치 내부에 발생하는 고열을 냉각시키기 위한 송풍기 등으로 이루어져 있다. 광전달장치는 두가닥으로 이루어진 광섬유 케이블(fiber optic cable)로 되어 있고 광섬유는 광이 전달되는 코어(core)와 광원으로 부터 입담배 표면에 방사되는 입사파와 입담배 표면에서 복사되는 반사파가 광섬유를 통과할 때 손실되는 광에너지를 방지하는 클래딩(cladding)으로 이루어져 있다. 검출부는 광전자 증배관과 증폭기(OP-amplifier)로 구성되어 있다. 전자는 광학적 특성 측정 시스템의 가장 민감한 부분으로 자기장과 공급전압에 따라 많은 영향을 받으므로 이를 배제하기 위하여 자장 차단 케이스(magnetic shield case)와 고전압 전원공급장치(high-voltage power supply)를 사용하여 정확한 출력을 얻을 수 있도록 하였고, 후자는 광전자 증배관으로부터 발생한 미약한 전류 신호를 전압으로 변환 시켜주는 기기이다. 데이터 입력 및 처리부는 퍼스널컴퓨터, 자료수집 카드(data acquisition card) 및 소프트웨어로 되어 있다. 데이터 입력은 퍼스널컴퓨터의 확장 슬롯에 장착되어 있는 자료수집카드의 A/D 변환에 의하여 보조 기억장치에 기억되거나 모니터로 출력된다. 자료의 수집, 처리 및 화일관리를 위하여 BASIC 언어로 작성된 프로그램을 사용하였다. 파장의 변화에 따른 출력전압의 분광반사 특성을 분석하기 위하여 수집된 파장 및 등급별 각 시료에 대한 데이터는 하나의 화일에 자동적으로 처리되어 기록된다.

3) 실험방법

측정 장비의 구조상 입담배의 전체면적을 동시에 측정할 수 없기 때문에, 색측정의 경우에는 직경 10mm의 원을, 광반사측정의 경우에는 직경 20mm의 원을 측정부위로 하였다. 입담배 색특성의 측정은 전체 시료에서 임의 추출한 등급별(1등급~5등급) 및 종별(황색종, 버얼리종) 5



1. monitor
2. personal computer
3. printer
4. data acquisition card
5. low-voltage power supply
6. high-voltage power supply
7. operational amplifier
8. photomultiplier tube
9. light source.
10. short pass filter
11. band pass filter
12. bifurcated fiber optics
13. light seal
14. sample

Figure 2. Schematic diagram of reflectance measurement system.

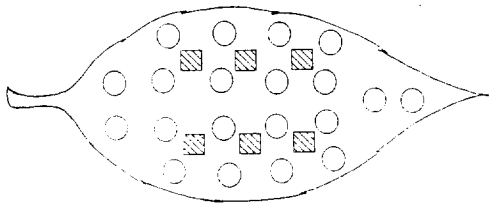
장색의 입담배 시료를 완전하게 펼친 후, 장당 여섯점(직경 10mm), 점당 세번씩 측정하여 입담배당 총 18점의 Y, x, y 값 각각의 수치와 이의 평균치를 수집하였고, SAS 통계 패키지의 분산분석과 Duncan 검정을 이용하여 분석하였다. 광반사 측정의 경우 입담배 표면을 직경 20mm씩 20부분으로 나누어 측정하였고, 각 등급별 평균값을 사용하였다. 각 등급당 3장의 시료를 파장별로 측정했으며 각 시료당 20점씩 측정하였다. 1점당 8~15개의 반사 스펙트럼 값이 기록되며, 각 시료별 데이터를 하나의 화일에 출력하도록 했다. 그림 3은 입담배의 측정부위를 나타낸다.

퍼스널 컴퓨터에 기록된 데이터의 각각의 파장에 대한 등급별 평균값을 계산하여 가시광 영역에서 측정된 황산바륨(BaSO₄) 백색 표준시료에 의한 광원의 반사스펙트럼 값과의 비로 반사율을 구했다.

잎담배에 대한 반사율은 식 (1)과 같이 계산된다.

$$R = \frac{R_s}{R_i} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

- R : 파장 λ에서의 반사율 (%)
- R_s : 파장 λ에서의 잎담배 시료의 반사 스펙트럼 강도
- R_i : 파장 λ에서의 백색 표준시료에 의한 광원의 반사스펙트럼 강도



- ▨ : 색특성
- : 표면반사특성

Figure 3. Test location in a tobacco leaf.

잎담배의 표면반사 측정과정은 다음과 같다. 광원에서 발생된 광은 10nm 폭의 대역통과필터에 의하여 단색광으로 바뀐 후 광섬유 케이블을 통하여 잎담배 표면에 입사된다. 잎담배 표면에서 반사된 광은 다른 광섬유 케이블을 통하여 광전자 증배관으로 감지되며, 증폭기에 의하여 증폭된 신호는 퍼스널컴퓨터의 자료 수집카드에 의하여 아날로그 신호를 디지털 값으로 바꾸어 저장한다. 반사 스펙트럼은 400~700nm의 가시광선 영역에서 50nm 간격으로 대역통과필터를 사용하여 측정하였고 광전자 증배관에 공급되는 전압을 -250V로 고정시키고 측정하였다. 광학

적 특성 측정시 주변광의 영향을 최소화하기 위해 암실상태에서 측정하였으며 광원으로부터 방사된 광이 다른 물체에 반사되는 것을 배제하기 위하여 흑색 스폰지 위에 잎담배를 놓고 측정하였다.

잎담배의 광학적 특성과 품질등급과의 상호관계를 구명하기 위하여 이미 등급 판정이 되어있는 잎담배를 측정시료로 사용하였고, 각 품종에 따른 등급별 표면 반사율의 차이와 비교하여 상호관련성을 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

가. 색 특성

1) 등급 및 반복간의 차이에 관한 유의성 분석

잎담배의 같은 등급내 반복간의 색특성 차이와, 등급간에서의 색특성 차이를 비교하여 등급간 차이의 유의성을 분석하기 위하여 통계적으로 검토해 보았다. IBM AT 호환기종 컴퓨터에서 통계 프로그램인 SAS Package를 이용하여 분산분석처리(Analysis of Variance Procedure) 및 Duncan의 다중범위 검정(Multiple Range Test)을 수행하였다.

Table 1. ANOVA Test of Flue-cured variety

	Y	x	y
TH	77.64**	37.89**	6.75**
TH*REP	2.57	0.99	0.90
GRADE	97.20**	2.05	29.68**
GRADE*TH	1.88	0.74	0.84
REP*GRADE	22.82**	5.28**	0.33

where TH : Thickness
 REP : Replication
 GRADE : Grade

Table 2. ANOVA Test of Burley variety

	Y	x	y
TH	242.49**	32.24**	16.67**
TH*REP	1.73	1.10	2.52
GRADE	35.21**	5.50**	35.11**
GRADE*TH	1.81	0.55	1.50
REP*GRADE	4.25*	15.68**	18.63**

표 1에 나타난 바와 같이 황색종은 분산분석 결과 명도(Y), 색도(x, y)가 등급항목에서는 유의성을 보이고 있고, 또한 버얼리종에서도 표 2에서 보는 바와 같이 전체의 모든 요소와 등급항목에서는 유의성을 보여주고 있으나, 반복항목의 경우 등급항목에 대하여 유의성을 보여주지 않고 있다. 그러므로 반복간의 차이보다는 등급간의 차이가 더 크게 나타나고 있어서 등급간의 차이가 두드러짐을 발견할 수 있었다.

Table 3. Duncan's Multiple Range Test
-Flue-cured variety-

Grade	Duncan Grouping		
	Y	x	y
1	A	A	A
	A	A	A
2	A	A	A
	A	A	A
3	A	A	B
	A	A	B
4	A	A	B
	A	A	B
5	B	A	C

Duncan의 검정 결과 표 3에서 보는 바와 같이 황색종에서는 명도(Y)에서 1등급에서 4등급까지 차이가 없는 것으로 나타났고, 단지 5등급만이 다른 등급과 차이를 나타냈다. 색도 x 좌표값에서는 등급별로 차이가 없는 것으로 나타났고, 색도 y 좌표값에서는 1, 2등급과 3, 4등급이 각각 차이가 없는 것으로 나타났고, 5등급만이 다른 것으로 나타났고.

버얼리종은 표 4에서와 같이 명도(Y)에서는

1, 2등급과 3, 4등급이 각각 차이가 없고, 5등급이 다르게 나타났고. 또한 색도 x 좌표값에서는 1, 2등급과 3, 4, 5등급이 각각 차이가 없는 것으로 나타났고. 색도 y 좌표값에서는 3, 4등급이 차이가 없고 1, 2, 5등급이 각각 다른것으로 나타났고. 따라서 등급간의 차이는 발견되지만, 매 등급간에 차이가 반드시 존재하지는 않는 점은 색상의 차이만으로는 등급판정이 어렵다는 것을 입증한다.

Table 4. Duncan's Multiple Range Test
-Burley variety-

Grade	Duncan Grouping		
	Y	x	y
1	A	A	A
	A	A	A
2	A	A	B
	A	A	B
3	B	B	C
	B	B	C
4	B	B	C
	B	B	C
5	C	B	D

2) 색과 등급과의 상관관계 분석

가) 황색종

황색종 후엽에서는 표 5a에서 보듯이 채도와 명도와 등급과의 상관관계가 높게 나타남을 보여주고 있다. 즉 황색종 후엽은 명도(Y), 색도 y 좌표값이 등급에 영향을 주고 있음을 보여주고 있고, 색도 x 좌표값은 등급을 결정하는데 큰 요인이 아님을 보여주고 있다 황색종 박엽에서는 표 5b에서 보듯이 채도와 등급과의 상관관계가 높음을 알 수 있다. 다른 요소들(명도, 색도 x,y)과 등급은 상관관계가 낮게 나타났고.

Table 5 a. Correlation analysis of Flue-cured variety with thick leaf
Pearson Correlation Coefficients
Prob > |R| under Ho : Rho=0/N=5

	Grade	Y	x	y
Grade	1.00000	-0.95360	0.79903	-0.94678
	0.0	0.0119*	0.1048	0.0146*
Y		1.00000	-0.70087	0.99522
		0.0	0.1873	0.0004**
x			1.00000	-0.64090
			0.0	0.2439
y				1.00000
				0.0

Table 5 b. Correlation analysis of Flue-cured variety with thin leaf
Pearson Correlation Coefficients
Prob > |R| under Ho : Rho=0/N=5

	Grade	Y	x	y
Grade	1.00000	-0.45088	-0.72396	-0.89317
	0.0	0.4460	0.1667	0.0412
Y		1.00000	-0.20311	0.68660
		0.0	0.7432	0.2004
x			1.00000	0.56784
			0.0	0.3180
y				1.00000
				0.0

Table 6 a. Correlation analysis of Burley variety with thick leaf
Pearson Correlation Coefficients
Prob > |R| under Ho : Rho=0/N=5

	Grade	Y	x	y
Grade	1.00000	-0.97045	-0.91172	-0.96230
	0.0	0.0061**	0.0311*	0.0087**
Y		1.00000	0.93759	0.96584
		0.0	0.0185*	0.0075**
x			1.00000	0.98740
			0.0	0.0017**
y				1.00000
				0.0

나) 버일리종

버일리종 후엽은 표 6a 에서 명도(Y), 색도 좌표값(y, x)과 등급과는 상관관계가 높게 나타났다. 버일리종 후엽에서는 황색종 박엽과는 달리 색특성 요소 (명도, 채도, 색상)들과 등급과의 상관관계가 높게 나타났다. 버일리종 박엽에서는 표 6b 에서 보논바와 같이 색과 등급과의 상관관계가 낮게 나타났다. 버일리종 박엽에서는 색과 y 값이 10% 유의수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 6 b. Correlation analysis of Burley variety with thin leaf
Pearson Correlation Coefficients
Prob > |R| under Ho : Rho=0/N=5

	Grade	Y	x	y
Grade	1.00000	-0.80837	0.41472	-0.79478
	0.0	0.0978	0.4875	0.1081
Y		1.00000	-0.79732	0.51229
		0.0	0.1061	0.3775
x			1.00000	0.06480
			0.0	0.9176
y				1.00000
				0.0

위에서 살펴본 바와 같이 각 품종별로 차이는 있지만 각각의 등급간에서 명도와 색도가 등급을 결정하는데 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다.

3) CIE 색좌표

그림 4에서 6은 색좌표를 색도도(chromaticity diagram)에 표시한 것이다. CIE 좌표계는 수학적 분류로서 좌표평면상에 서로 다른 위치에 표시된 경우라도 시각적으로는 구별할 수 없는 경우가 있다 (Hunt, 1987). 좌표 상의 x축은 적색성분의 상대적인 크기를 나타내고, y축은 녹색성분을 나타낸다. 이 좌표계의 중심점(x, y=0.33333)에서 좌표계상의 데이터를 직선으로 연결하여 spectrum locus와 만나는 점은 각시료의 색에 대한 주 파장을 나타낸다. 본 실험 결과 대

부분의 등급별 색상 데이터가 한 부분에 집중하여, 그림 4에 표시한 사각형 부분을 품종 및 두께별로 다시 확대하여 그림 5와 6에 각각 표시하였다. 모든 품종 및 두께별로 각 그림에서 등급별로 뚜렷한 색상차이를 보이지는 않지만 약간의 색상차이를 보이고 있고, 특히 한등급과 다음다음 등급 사이에는(예, 1등급과 3등급 혹은 2등급과 4등급등) 분명한 차이를 발견할 수 있었다.

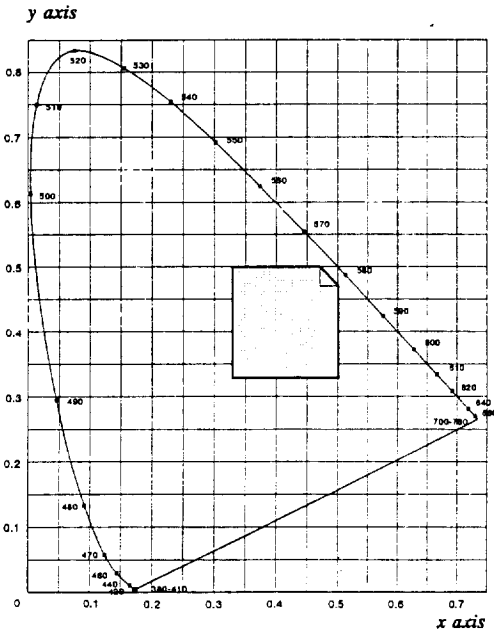
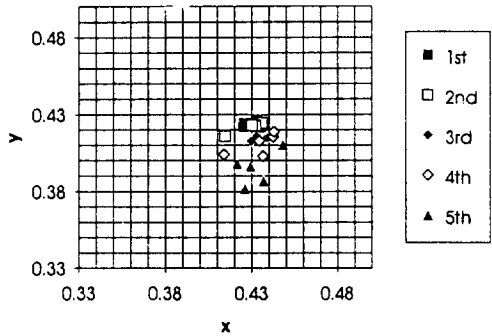


Figure 4. Chromaticity coordinates of the tobacco leaves.

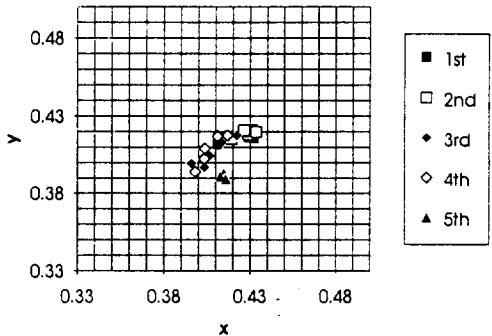
나. 표면 반사특성

1) 광원의 스펙트럼 분석

잎담배의 표면 반사율을 구하기 위해, 분광광도 측정의 표준으로 사용되는 황산바륨(BaSO₄) 백색 시료를 착색한 플라스틱 판을 백색 표준판으로 사용하였다. 가시광선 영역에서 할로겐 램프의 스펙트럼을 분석한 결과 그림 7과 같이 600nm의 주황색 범위에서 최대의 강도를 나타냈다. 이로써 할로겐 램프의 주파장이 600nm 라는 것



a) the thick leaf



b) the thin leaf

Figure 5. Chromaticity coordinates of the flue-cured tobacco.

을 알 수 있다. 측정시 고전압 전원 공급장치에서 광전자 증배관에 공급되는 전압은 잎담배 측정시 사용한 -250V를 유지하였다.

2) 잎담배의 반사 특성

황색종 후엽과 박엽에 대한 잎담배의 광학적 반사 특성이 각각 그림 8의 a, b에 표시되었다. 그림에 나타난 바와 같이 황색종은 600~650nm 범위, 즉 황색광과 주황색광에서 등급간 반사도의 차이가 큰 것으로 나타났다. 그림 8a의 황색종 후엽의 경우 600nm의 황색광에서 각 등급별 반사도의 차이가 가장 크게 나타났다. 등급간 반사도를 비교해 보면 1등급이 가장 높게 나타났고 다음으로 3, 2, 4, 5등급 순으로 나타났다. 그림 8b의 황색종 박엽의 경우에서도 각 등급간의 표면 반사율의 차이를 보여 1등급이 가장 높은 반사

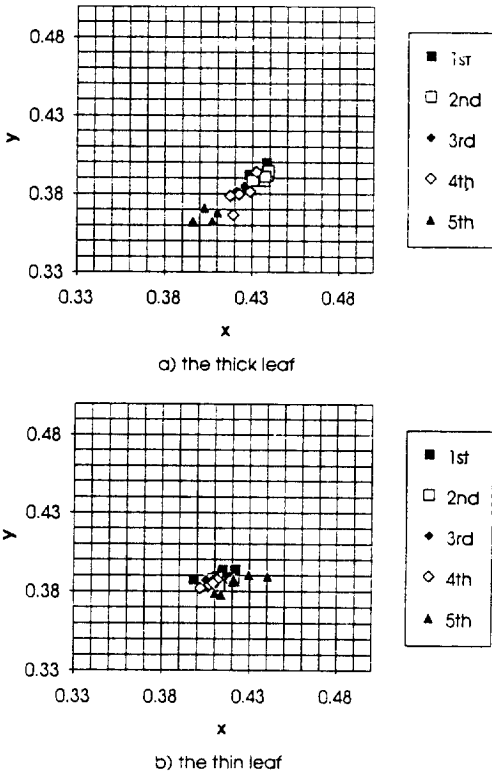


Figure 6. Chromaticity coordinates of the Burley tobacco.

을 나타냈고 다음으로 2, 3, 4, 5등급 순으로 5등급의 표면 반사율이 가장 낮은 것으로 나타났다.

버일리종 잎담배의 후엽과 박엽에 대한 광학적 반사 특성을 그림 9의 a, b에 각각 나타내었다. 그림에서 알수 있는 바와 같이 버일리종은 후엽과 박엽 모두 650nm 부근의 암갈색 광에서 각 등급별 반사도의 차이가 크게 나타났다. 그림 9a의 버일리종 후엽의 경우 등급간의 반사도는 각 파장에서 대체적으로 1, 2, 3, 4, 5등급 순으로 1등급이 가장 높은 반사도를 보였다. 그림 9b의 버일리종 박엽의 경우 등급간의 차이를 비교해 보면 각 파장에서 1등급이 가장 높은 반사도를 보였으며 다음으로 4, 3, 2, 5등급 순으로 나타났다.

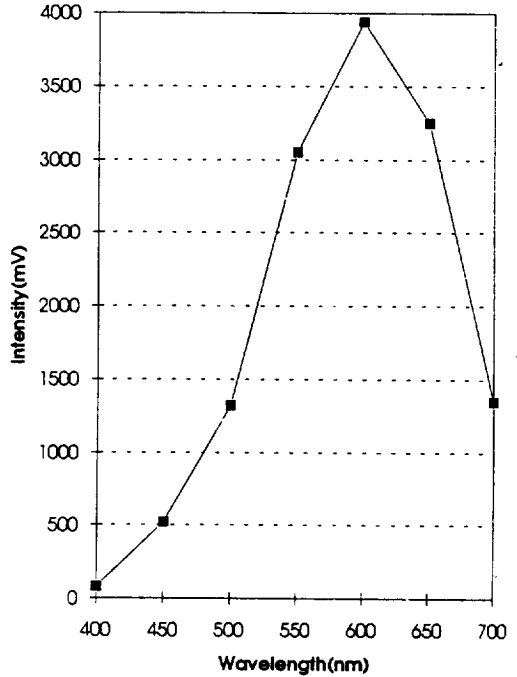
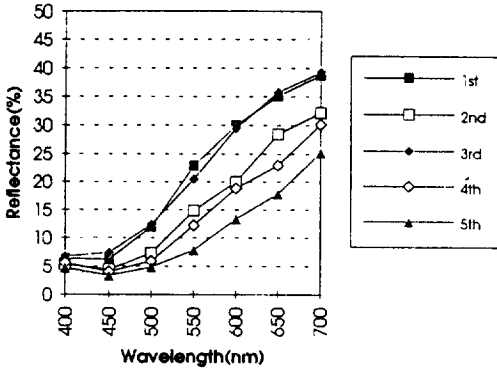


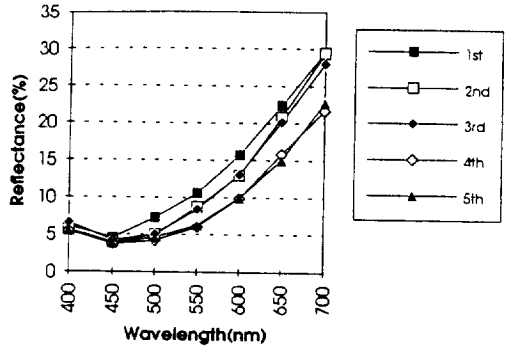
Figure 7. Spectral curve of tungsten-halogen lamp.

위의 결과에서 알 수 있듯이 잎담배의 표면 반사율은 모든 시료에서 공통적으로 자외선 영역에 근접한 단파장 일수록 낮게 나타났고 근적외선 영역에 근접한 장파장 일수록 높은 반사율을 보였다. 버일리종에 비하여 황색종이 모든 영역에서 대체로 반사율이 높은 것으로 나타났다. 황색종의 경우 400~500 nm 영역에서는 완만한 증가추세를 보였고, 500 nm 이상의 영역에서는 급격한 증가추세를 보였다. 버일리종의 경우 450 nm 에서 최소값을 나타냈고, 500 nm 이상의 영역에서는 급격한 증가추세를 보였다. 따라서 700 nm이상 파장에서의 반사특성을 조사하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

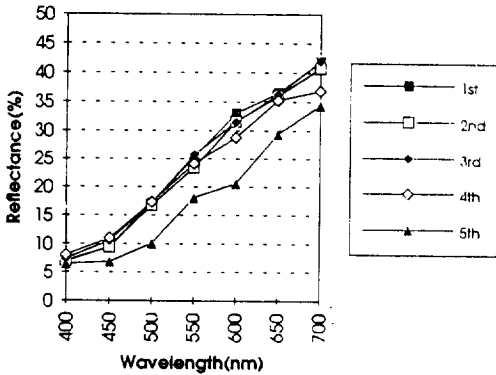
잎담배의 표면 반사율과 품질등급과의 관련성을 알아보기 위해 육안 검사에 의한 품질 등급과 반사율을 비교해 본 결과, 각 등급간에 반사율의 차이가 나타났으며 대체로 550~650nm의 파장



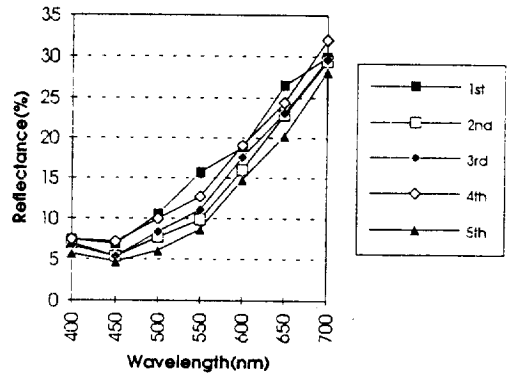
a) the thick leaf



a) the thick leaf



b) the thin leaf



b) the thin leaf

Figure 8. Reflectance curves of the flue-cured tobacco.

대에서 각 등급별 반사율의 차이가 높게 나타났다. 그리고 황색종과 버일리종 모두 상위 등급일수록 대체로 높은 반사율을 보였고 하위 등급일수록 낮은 반사율을 보였다.

4. 결론 및 요약

원료 잎담배의 품종별 등급은 숙달된 판정관의 주관에 의하여 결정되며 이에 따라 수매가격이 좌우되므로, 등급은 엄정하게 이루어져야 한다. 또한 등급판정기준은 객관적으로 표현될 수 있어야 기계화가 가능해지고, 재배농민들에게는 재배 목표가 뚜렷해지고, 철저한 재배계획을 가

Figure 9. Reflectance curves of the Burley tobacco.

능하게 해준다. 본 연구에서는 잎담배의 자동 등급판정장치 개발에 필요한 기초자료인 객관적인 평가기준을 구명하기 위하여, 황색종과 버일리종의 등급별 표본을 실험 재료로 하여 각 품종별로 등급간의 색 특성을 측정하여 통계분석하였다.

광학적 특성을 이용하여 농산물의 품질을 평가하기 위해서는 광역의 파장에서 광학적 특성을 측정하여 그 농산물의 품질과 가장 관계가 있는 파장대를 선정하여야 한다. 본 실험에서는 400~700nm의 가시광 영역에서 분광광도계(Spectrophotometer)를 이용하여 반사 스펙트럼에 따른 잎담배의 품종 및 등급별 표면 반사

울을 50nm 간격으로 측정하여 분석함으로써 잎담배의 광학적 특성을 조사하고, 육안 검사에 의한 품질평가와 잎담배의 광학적 특성간의 관련성을 알아보았다. 측정에 사용된 시료는 한국 담배인삼공사에서 1991년 수매한 잎담배로 황색종은 충주 제조장에서, 버얼리종은 청주 제조장에서 각각 공급받은 것을 각 등급별로 3매씩 추출하여 사용하였다. 잎담배의 감정 자동화에 필요한 객관적인 품질 평가기준을 정하기 위해서는 표면반사율에 의한 광학적 특성으로는 충분하지 않고, 광학적 특성과 함께, 조직특성, 속도, 엽형, 탄력도등의 객관화에 대한 연구노력이 필요하다. 등급판정의 주 요소들인 잎담배의 색상, 크기, 형상, 조직등의 많은 요소들은 영상처리 기술로 판정이 가능할 것으로 보아 잎담배 등급판정에 영상처리 기술의 적용이 가능하리라 사료된다. 연구 결과 나타난 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 담배 제조용 원료 잎담배의 선별에 필요한 표면의 광반사 특성이 조사되었다. 각 품종에서 색특성과 반사특성은 등급을 결정하는 중요한 요인이 확인 되었다.

2. Duncan 검정에서 이웃한 등급간에는 색상 차이가 뚜렷이 나타나지 않음은 속도, 조직, 엽형, 탄력도등에 의한 등급차이임을 반영한다.

3. 잎담배의 표면 반사율은 모든 시료에서 공통적으로 자외선 영역에 근접한 단파장 일수록 낮게 나타났고 (4%~8%), 근적외선 영역에 근접한 장파장 일수록 높은 반사율을 보였다 (20%~40%).

4. 감정등급이 낮은 잎담배의 표면반사율이 높은 잎담배의 반사율 보다 크게 나타났고, 등급이 높을수록 표면 반사율은 대체로 낮아짐을 발견하였고, 각 등급간의 반사율의 차이는 550~650nm의 파장대에서 가장 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김용현, 김철수, 김성봉, 김몽섭, 신건철. 1992. 사과와 분광반사 특성과 비파괴 품질평가인자와의 상관관계 구명. 한국농업기계학회지. 17(4) : 370-381.
2. 김일종, 송진해. 1992. 잎담배 품질평가론. 한국담배인삼공사.
3. 배영환. 1992. 표면반사율에 의한 사과의 색상선별. 한국농업기계학회지. 17(4) : 382-395.
4. McClure, W. F. 1975. A Spectrophotometric Technique for Studying the Browning Reaction in Tobacco. Trans. of ASAE pp 380-383.
5. Howarth, M. S., S. W. Searcy, G. S. Birth. 1990. Reflectance Characteristics of Fresh-Market Carrots. Trans of ASAE. 33(3) : 961-964.
6. Casady, W. W, M. R. Paulsen, J. B. Sinclair. 1993. Optical Properties of Damaged Soybean Seeds. Trans of ASAE. vol36(3) : 943-947.
7. Hunt. R. W. 1987. Measuring colour. John Wiley and Sons.