

컬러 컴퓨터시각 및 NIR을 이용한 잎담배 등급 특성의 정량적 분석

Quantitative Analysis on the Characteristics of Tobacco leave Gradings Using Color Computer Vision and NIR

공형진* 황 현*
정회원 정회원
H. J. Kong H. Hwang

1. 서론

자유무역에 의한 수입개방은 우리 농가에 많은 어려움을 주고 있다. 이를 대처하기 위한 방편으로 부가가치가 높은 소득작목의 육성이 절실히 요구되고 있으며 담배는 오래 전부터 농가의 주요 수입원으로 재배되어 왔다.

잎담배의 등급은 품질에 영향을 주는 인자들을 고려해서 결정하는데 품질인자로는 담배의 맛과 관련된 화학성분 함량과 성분간 균형, 물리성과 관련된 엽조직상태, 착엽위치 등이 있다. 수매시 잎담배의 등급결정은 전문감정원에 의한 육안감정법으로 수행되고 있다. 그러나 공인된 등급판정 기준이 정성적이며 전문감정원의 주관적 판단에 의존하여 품질등급을 결정하고 있기 때문에 의사결정의 일관성을 유지하기 위하여 등급별 품질에 대한 객관적이고 정량적인 자료를 통하여 수매작업을 보완하는 것이 필수적이라 하겠다. 또한 잎담배의 등급 및 품질과 관련한 인자의 추출 및 정량화를 통한 데이터 베이스구축은 담배 육종기술의 개발 및 작황분석에 기여하리라 본다. 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다. 등급별 수매 잎담배에 대하여

1. Spectrophotometer를 이용하여 잎담배의 색상분석 및 Visible 파장영역을 측정 분석한다.
2. 컬러영상처리시스템을 이용하여 색상 및 기하학적 특징을 분석한다.
3. 근적외 분광측정시스템을 이용하여 실시간 측정이 가능한 800-1100nm의 파장영역에 대하여 분광반사 특성을 분석한다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험에 사용된 잎담배는 우리나라에서 재배되는 황색종과 버어리종 중에 전체 생산량의 70%이상을 차지하고 등급별 수매단가도 높은 황색종을 실험품종으로 결정하였다.

* 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

착엽위치별, 그리고 등급별로 상엽 3-5등급과 등외, 본엽 1-3 등급, 중엽 1-3등급, 하엽 3-5등급과 등외로서 총 14가지로 분류된 샘플을 수집하였다. 시료들은 담배인삼공사 원료부와 충북대 연초학과의 도움을 얻어 이미 등급이 나누어진 공인된 시료를 사용하였다.

나. 실험장치

① 분광광도계 시스템

분광광도계 시스템(Spectrophotometer, X-RITE Co.)은 텅스텐 램프를 광원으로 하고 실리콘 포토 다이오드 수광장치로 이루어진 분광광도계, 분광광도분석용 보드를 장착한 컴퓨터로 구성되어 있다. 수광정보는 RS-232C를 통해 컴퓨터에 장착된 A/D 변환보드에 입력된다. Lab의 값과 파장별 반사율은 20nm간격으로 파장범위 400-700nm까지 측정할 수 있다.

② 컴퓨터 컬러 영상처리 시스템

Pulnix사의 RGB CCD 카메라, RGB Frame Grabber, 카메라 고정 및 조명장치, 영상출력 전용 모니터와 IBM PC AT 호환 Pentium 컴퓨터로 구성하였다. 입력 센서부에 해당하는 영상 입력 장치로는 8mm 렌즈를 부착한 RGB CCD 카메라를 사용하였고 조명장치는 형광등과 백열등을 조합하여 설치하였으며 높이 및 측정위치를 조절할 수 있는 고정장치를 제작하였다. 여기서 조명 장치는 1000 Lux 이상의 밝기를 가진다. 영상입력부를 통해 입력된 아날로그 신호를 칼라 영상 처리 보드를 이용하여 R Frame, G Frame, B Frame으로 각각 디지털화 하여 저장하며 2Mb 메모리의 용량과 8비트의 해상도를 가지며 True color를 구현할 때는 24비트의 해상도를 갖는다. 또한 영상처리부를 통해 처리된 데이터를 모니터에 R G B영상으로 출력한다.

③ 근적외선 분광분석 시스템

본 연구에 사용된 근적외선 분광분석 시스템(NIRSystems spectrophotometer, A perstrop Analysis Co.)은 시료의 반사율, 흡광도 및 투과율을 측정할 수 있으며 측정 영역은 400 - 2400nm이다. 측정 시료로는 농산물 및 용액을 모두 측정할 수 있으며 측정영역에 대한 시료의 스펙트럼 반응을 모니터에 디스플레이할 수 있고 측정시간은 한시료에 대해 1분 30초정도 소요된다.

다. 실험방법

본 연구는 Spectrophotometer를 이용하여 잎담배의 색상 분석 및 등급판별이 용이한 Visible 파장 대역에 대하여 분광특성을 측정 분석하였다. 그리고 컬러영상처리시스템을 구축하여 잎담배의 개체별 크기, 장단축 비, 전체 및 부분 색상(RGB, HSI 등), 텍스처 및 복잡도(Complex ratio)등을 이용하여 잎담배 개체의 등급, 착엽위치별 특징을 분석하였다. 가시광 및 분광측정시스템을 이용하여 비교적 실시간 측정이 가능한 800-1100nm 대역에 대하여 등급별, 착엽위치별 잎담배의 가시광 및 근적외선 분광반사 파장을 등급별, 착엽위치별로 측정 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 색상에 의한 잎담배 개체의 정보 산출

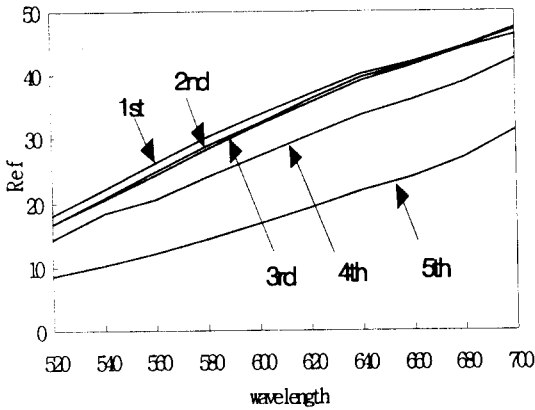


Fig. 1 Visible spectrum according to grades of tobacco leaves.

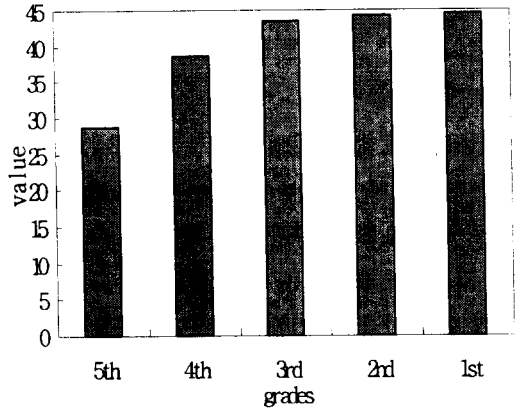


Fig. 2 Y value according to grades of tobacco leaves.

그림1~2는 공인을 받은 표본샘플로써 각각 착엽위치별 그리고 등급별로 10매씩 3회에 걸쳐 서로 다른 부위를 측정하였다. 스펙트로포토미터(Spectrophotometer)를 통해 가시영역에 대한 잎담배의 반사율을 측정하였고 잎담배의 색상정보 즉 Y, x, y값을 측정하였다. 등급간의 스펙트럼 분석을 한 경우 3등급, 4등급, 5등급의 분류는 가능하지만 1등급에서 3등급까지의 분류가 용이하지 않음을 보여주고 있다. 이들 등급간에 대한 차이를 500 - 700nm에 걸쳐 조사하였으며 가시영역 파장대중에서 등급간의 차이가 가장 큰 파장영역은 640 - 660nm 부근임을 알 수 있었다. 부수적으로 착엽위치별로 가장 큰 등급간 편차를 가지는 파장 영역은 상엽은 660 nm, 본엽은 580 nm, 중엽은 620 nm, 그리고 하엽은 640 nm 부근임을 알 수 있었다. 색상정보중에서 등급간에 비교가 가능한 것은 Yxy좌표계의 Y값(색의 밝기)임을 알 수 있다.

나. 영상처리를 통한 잎담배 개체의 특징 추출

컴퓨터 시각 시스템을 이용하여 대상체의 색상과 형상에 대한 정보 그리고 품위판정을 위한 여러 가지 요소들에 대한 정보들을 복합적으로 구할 수 있다. 영상처리를 통해 얻을 수 있는 색상정보는 Red, Green, Blue 값이 있으며 이 RGB 값을 이용하여 다른 좌표계의 변환이 가능하다. 영상처리에 의하여 얻어지는 색상정보를 이용하면 등급판정 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 기하학적 형상 측정은 여러 가지 알고리즘을 이용하여 얻을 수 있다. 먼저 영상을 획득하고 영상에 대한 히스토그램을 구한다. 그 다음 경계값을 자동적으로 구하고 영상을 분할한다. 색상정보를 연속적으로 수행하기 위해 배경부분만 255의 밝기

수준으로 변환시키고 대상체의 색상정보를 그대로 유지하게 하였다. 이와 같은 방법에 의해 분할된 영상에 다시 필터링을 하고 체인 코딩에 의한 형상측정 알고리즘을 수행하였다. 본 연구에서는 체인코딩을 통해 얻은 영상에 대하여 대상체의 구멍을 채우고 돌출부를 제거하며 잡음신호로 판단되는 고립점을 제거하였다. 그리고 대상체 외곽 화소의 수가 미리 정해놓은 일정한 수보다 작을 경우 이것을 비대상체(undesirable object)로 간주하여 그 비대상체의 처음 화소좌표로 돌아가 이미 알게된 비대상체의 영역을 지워버리도록 알고리즘을 개발하였다.

Table 1 Feature data of graded tobacco leaves based on the leaf position

	Grade	x length	y length	area	perimeter	length ratio	square ratio	roundness	complex ratio
黃 色 種	上葉 3	44.17	10.1	264.57	93.28	0.13	0.23	0.38	32.89
	上葉 4	42.66	7.80	168.94	95.59	0.12	0.18	0.23	54.01
	上葉 5	37.99	8.94	179.76	87.16	0.16	0.23	0.30	42.26
	本葉 1	46.68	13.6	296.40	122.20	0.22	0.29	0.25	50.38
	本葉 2	41.56	10.8	204.41	102.47	0.21	0.26	0.24	51.37
	本葉 3	39.28	10.9	175.39	94.22	0.17	0.28	0.25	50.61
	中葉 1	44.53	14.65	303.41	108.98	0.23	0.33	0.32	39.14
	中葉 2	41.03	13.23	264.88	103.70	0.26	0.32	0.31	41.60
	中葉 3	39.46	13.20	264.21	99.14	0.26	0.33	0.34	37.20
	下葉 3	35.20	9.56	165.37	82.59	0.15	0.27	0.30	41.25
	下葉 4	34.50	8.37	128.01	81.36	0.17	0.24	0.24	51.71
	下葉 5	21.10	3.14	51.00	45.34	0.28	0.15	0.31	40.30

위의 표에 나타난 것과 같이 잎담배의 여러 가지 기하학적 정보들 중에서 횡방향의 길이에 대한 정보가 가장 착엽위치별 등급간의 구분인자로 용이함을 알 수 있었다. 여기에 표현한 잎담배 등급간의 기하학적 정보데이터들은 전문감정원에 의해 직접 구분된 공인시료 데이터들이지만 이것 또한 사람의 육안을 통해 등급이 나누어졌기 때문에 약간의 오차가 있을 수 있다. 따라서 잎담배의 정확한 기하학적 특성 데이터를 구축하기 위해서는 더많은 공인시료들을 이용한 반복실험이 필요하다.

다. 근적외선 분광법을 이용한 잎담배의 등급판정

영상처리와 근적외선을 접목한 복합적 비파괴 측정기술을 개발하기 위해서는 근적외선 분광반사특성의 획득 및 처리가 실시간적으로 수행되어야 한다. 그러나 가시광영역(400-700nm)과 근적외선 영역(800-2400nm)중 제한된 범위의 800-1100nm 의 파장 영역에 대해서는 비교적 저렴한 가격에 on-line 형태로 실시간 측정이 용이하다. 따라서, 잎담배 시료에 대해 800-1100nm 영역에 한정하여 등급판정에 영향을 주는 파장영역을 조사, 분석하였다. 특히 등급 선별에 용이한 담

배의 성분요소인 니코틴(nicotine $C_{10}H_{14}N_2$)의 파장영역을 파악하는데 본 실험의 주안점을 두었다.

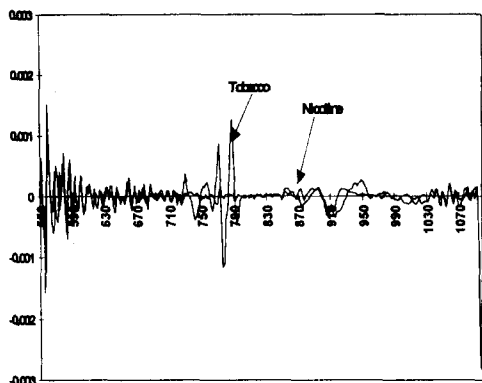


Fig. 3 2nd differential of nicotine and tobacco.

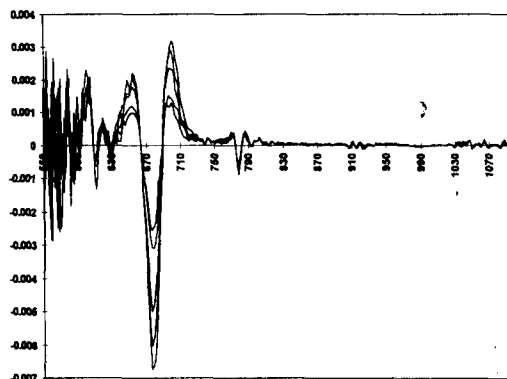


Fig. 4 2nd derivative of and tobacco Leaf (500-1100nm).

그림 3은 스펙트럼을 2차 미분한 것으로 Nicotine(순도98%)은 800-1100nm영역 중에서 900-930nm 부근에서 한 번의 피크점이 나타나는 것을 알 수 있다. 담배를 태워서 얻은 액을 실험하였을 때 760-790nm 사이와 900-930nm사이에서 피크점이 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 잎담배의 실제 성분을 가지고 실험한 데이터를 기초로 하여 760-790nm 영역과 900-930nm영역을 중심으로 잎담배 시료에 대해 실험을 하였다.

그림 4는 잎담배의 등급별 근적외 분광반사 특성실험을 수행한 결과를 보여준다. 스펙트럼의 2차 미분 값을 보면 Visible 영역에서는 675nm에서 등급간의 피크가 크게 일어나고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 760-790nm부근에서 한 번의 피크가 더 일어나는 것을 알 수 있다. 그러나 앞에서 보았던 니코틴 영역(900-930nm)은 상당히 작은 피크가 나타남을 알 수 있는데 이는 잎담배의 니코틴 함유량(0.5-3.7%)이 미소한 때문으로 판단된다. 이 실험에서는 잎담배를 분쇄하지 않고 개체에 대하여 직접 실험을 하였는데 측정부위의 제한성을 벗어나기 위해 한 잎담배에 대해 4부분의 측정부위를 정하여 반복실험을 하였다. 가시 영역에 대해서는 스펙트럼간의 차이를 근거로 하여 675nm에서 측정하여 등급판정에 응용할 수 있으리라 본다. 그러나 근적외선영역중 800-1100 nm의 범위에서는 피크점 하나를 이용해서는 성분분석이 거의 불가능하며 입자 크기에 따라 같은 피크대에서도 스펙트럼의 차이가 있으므로 정확한 자료로는 불충분하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 비파괴 기술을 이용한 농산물 품위판정에 많이 사용되고 있는 영상처리와 근적외선 분광분석법을 접합한 복합적인 판별 시스템에 대해 수행되었다. 분광광도계를

이용한 잎담배의 색상정보와 가시영역의 스펙트럼 분석으로 등급선별에 중요한 요소를 찾고자 하였으며 칼라 컴퓨터 영상처리 장치를 이용하여 잎담배의 색상정보 및 기하학적 특성을 알아 보았다. 그리고 근적외선 분광분석법을 이용하여 실시간 분석이 비교적 용이한 800-1100nm 사이의 성분분석을 하였으며 영상처리와 근적외선의 스펙트럼을 분석한 자료를 토대로 하여 잎담배 개체의 등급별 특징을 측정 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 잎담배 개체에 대해 스펙트로포토미터(Spectrophotometer)를 통해 가시영역에 대한 등급간의 파장을 비교하였을 때 등급간의 차이가 가장 큰 파장영역은 640 - 660nm 부근임을 알 수 있었으며 착엽위치별로는 상업은 660nm, 본엽은 580nm, 중엽은 620nm 그리고 하엽은 640nm 부근임을 알 수 있었다.
2. 등급간의 차이를 가장 잘 설명할 수 있는 것은 Yxy좌표계의 Y로써 등급선별은 밝기가 중요함을 알 수 있으며 이를 통한 통계 분석을 해 본 결과 색상에 의해서는 등급간의 선별은 용이하지 않았다. 다만 착엽위치가 정해진 경우에는 색상에 의한 판정이 가능함을 알 수 있었다.
3. 영상처리를 통해 잎담배 개체의 기하학적 특징을 측정한 결과로 잎담배의 기하학적 정보들 중에서 길이가 가장 착엽위치별 등급간의 구분인자로 용이함을 알 수 있었다.
4. 근적외선 분광분석법을 이용한 잎담배 등급 구분에는 가시광 영역중 엽록소 파장대역인 675 nm 에서 스펙트럼 분석을 하고 니코틴 피크영역인 900-930nm 영역에 대해서는 그 자체의 피크점만으로 성분분석이 불가능하지만 보완적 측면에서 참고 할만한 부분이다.
5. 본 실험은 한정된 시료에 대해 행하여진 제한적인 측면이 있지만, 영상처리와 근적외선을 이용한 비파괴 기술의 응용 측면에서 기초적 자료와 연구방향을 제시하였다.

5. 참고문헌

1. 김일중, 송진해. 1994. 잎담배 품질평가론. 한국담배인삼공사
2. 이상식, 이충호, 이대원, 황헌.1995. "신경회로망을 이용한 담배 속도인식 및 등급판정". 한국인삼연초학회지. Vol. 17. No.1, pp 5-14
3. 조 한근, 송현갑 1994. "컴퓨터시각에 의한 잎담배의 외형 및 색 특징 추출" 한국농업기계학회지. Vol. 19 pp 380-396
4. 조래광, 이경희, 이정환, 권영길. 1994. "근적외 분광분석법에 의한 잎담배의 품질측정 자동화". 한국농화학회지. Vol. 37, No. 5, pp 349-355
5. 김용옥, F. E. Barton. 1994. "근적외선 분광법을 이용한 제품담배 판별 연구". 한국인삼연초학회지. Vol. 16. No. 2, pp 163-171
6. G. M. White, C. M. Clark, and D. G. Card. 1965. "Evaluating Light Sources for Grading Tobacco" Trans. of ASAE. pp 452-454.
7. W. F. McClure. 1975. "A Spectrophotometric Technique for Studying the Browning Reaction in Tobacco" Trans. of ASAE. pp 380-383.