

## 컬러 컴퓨터 시각에 의한 사과 선별 기준색깔 선정<sup>†</sup>

# Selection of Apple Ground Color for Maturity Index Using Color Machine Vision

서 상 룡\*      성 제 훈\*  
정희원      정희원  
S. R. Suh      J. H. Sung

### ABSTRACT

A study to select ground colors of Fuji apple for maturity index which are needed to standardize grading of the apples is presented. Two extreme colors of immature and fully mature Fuji and Zonagold apples produced in Korea were determined. Various ground colors of Fuji apple between the two extreme colors were collected and classified by human vision and colors of Fuji apple for maturity index were selected from the classification.

Coordinates of the selected colors in xy chromaticity diagram were determined by spectrophotometers to define them in a standard coordinate system. Coordinates of the colors in r-g chromaticity diagram using a color machine vision system were also determined to use the colors in apple grading by the machine vision system.

Grading Fuji apples using the machine vision system was performed and result of the grading was compared with grading results of human vision and colorimeter. The comparison was performed with the same Fuji apple samples and showed 65% and 75% of same grades, respectively, as the grades determined by the machine vision system. Differences of grading performance between the compared three grading methods were explained as mainly because of the differences of observation area of the grading methods.

**주요용어 (Key Words):** 기계시각(Machine vision), 색선별(Color Grading), 후지사과(Fuji Apple)

### 1. 서      론

노동집약적인 원예 농업 중에서도 가장 많은 노동력을 필요로 하는 작업은 생산물의 선별작업이다. 특히 국내의 주요 과일인 사과나 배의 경우 그 가격은 선별 작업의 결과에 따라 상당히 큰 폭의 차이가 있으므로 그 중요성은 매우 강조되고 있다. 그러나 이러한 과일의 선별은 하나 하나 개별 선별을 하여

야 하므로 특히 많은 노동력을 필요로 하여 선별을 위한 경비는 과일 생산비의 상당부분을 차지하고 있다.

수종의 과일 선별기가 이러한 이유로 인하여 개발되고 사용되어 왔다. 그러나 이러한 과일 선별기의 대부분은 주로 과일의 무게 또는 크기만을 고려하는 선별기로서 과일 선별의 또 다른 주요 인자인 색깔과 과일의 손상 또는 부패와 관련된 결점의 여부 등

<sup>†</sup> 본 연구는 한국과학재단에서 지원한 목적기초연구로 수행되었음.

\* 전남대학교 농과대학 농공학과

을 선별과정에서 고려하지 못하는 문제점이 있다.

최근 컴퓨터 관련 공학의 한 분야로서 컴퓨터 시각(*computer vision* 또는 *machine vision*)이 등장하여 공산품의 검사나 선별 작업에 광범위하게 이용되기 시작하였으며, 농업 분야에 있어서도 이를 이용하기 위한 연구가 다방면에서 이뤄지고 있다. 그런데 최근 컬러 컴퓨터 시각 장치가 소개되었고, 이를 물체의 색깔을 주요인으로 하는 농산물 특히 과일류의 선별에 이용한 기초연구로부터 그 이용의 정당성이 입증된 바 있다.

미국과 일본에서는 일부 농산물을 대상으로 색깔 선별을 위한 기준색깔을 선정하므로써 객관성있는 색깔선별의 근거를 마련하였다. 그리고 컬러 컴퓨터 시각장치와 같은 간접적인 색깔 식별장치에 이 기준색깔에 맞춰 선별기준을 설정하므로써 사용하는 선별기계의 종류나 형식에 관계없이 일관성있는 선별이 가능하게 되었다.

국내에 있어서도 사과에 대해서는 그러한 기준색깔의 필요성이 관련 전문가 사이에 논의된 바 있었으나 아직까지 그 기준색깔이 결정된 바 없다. 그러나 컬러 컴퓨터 시각을 농산물 선별에 이용할 경우 전문적인 바와 같은 선별 기준색깔이 있다면 이를 근거로 하여 객관성 있는 선별이 가능하므로 이를 위해서는 농산물별로 선별 기준색깔을 선정하고 이를 이용하는 방법을 일반화할 필요가 있다.

과일 선별 기준색깔 선정에 관한 연구를 살펴보면, *Delwiche*와 *Baumgardener*(1983, 1985)는 미국 동부에서 농민 단체가 선정한 복숭아 선별 기준색깔을 표준표색계(*Standard Color Coordinate System*)에 의해 분석한 결과 이의 비과학성을 발표한 바 있다. 그에 따라 그들은 표준표색계에 근거한 새로운 복숭아 선별 기준색깔을 제시하였고 그 선별 특성을 보고한 바 있다. 그후 *Miller*와 *Delwiche*(1989)는 컬러 컴퓨터 시각을 사용하여 복숭아의 바탕색(*ground color*)을 측정하였고 이를 복숭아 선별의 기준색깔과 비교하고 또한 복숭아의 붉은색 면적을 산출하여 복숭아 선별을 시도하였다. 실험 결과 복숭아 선별의 한 등급의 오차를 허용할 경우 선별 적중률은 88%이었고, 복숭아 붉은색 면적의 산출 결과는 수작업 산출

결과와 상관계수 0.92의 수준에서 일치한 것으로 나타났다.

한편 *Shearer*와 *Payne*(1990)은 벨 페퍼(*bell pepper*)의 선별을 위하여 컬러 컴퓨터 시각을 사용하여 실험하였다. 그들은 R, G, B 화면의 명도를 사용하여 벨 페퍼의 8가지 색상(*hue*)을 구한 후 선별하고자 하는 벨 페퍼의 표면 색깔내 이러한 8가지 색상의 분포도를 조사하여 벨 페퍼 선별 작업을 수행하였다. 즉 이들의 연구는 벨 페퍼 선별을 위하여 8가지 색상의 분포도를 결정하고 이를 기준으로 벨 페퍼 선별 실험을 수행한 것으로서 그 결과 선별의 정밀도는 96% 수준으로 분석되었다.

*Singh* 등(1992)은 미국 서부산 복숭아에 대하여 *Delwiche*와 *Baumgardner* (1983, 1985)가 수행한 연구와 비슷한 연구를 수행한 후 표준표색계 상 등간격으로 위치한 6가지의 복숭아 선별 기준색깔을 제시한 바 있으며 이를 미국 캘리포니아의 농산물 선별 기준으로 선정한 바 있다.

본 연구는 컴퓨터 시각을 이용하여 사과의 색깔을 파악하는 사과 선별의 기초 연구로서 컴퓨터 시각에 의해 사과 선별의 주요 인자를 종합적으로 분석할 수 있는 선별 방법을 개발하는데 본 연구의 궁극적인 목표를 두고, 이를 위하여 본 연구는 사과 선별의 주요 인자인 사과 색깔의 선별 기준색깔을 결정한다음 이를 실제로 컴퓨터 시각에 이용하여 사과를 선별하고 그 선별의 정확도를 조사하는 방법으로 본 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

사과의 외피 색깔은 사과의 품종과 숙성정도에 따라 상당한 차이가 있다. 본 연구에서는 사과 표면 색깔이 품종별로 숙성 초기의 미숙 색깔 그리고 완전 숙성 색깔의 두 가지 극단의 색깔이 있고, 숙성의 중간과정 색깔은 이 두 가지 극단 색깔(이하 미숙기 준색 및 완숙기준색으로 약칭함)의 중간색으로 가정하였다.

이러한 사과의 미숙기준색과 완숙기준색을 측정하기 위하여 본 연구에서는 예비 실험에서 3종의 색

차계(color and color difference meter; Denshoku사의 model TC-3600과 TC-1500MC, US Overseas사의 model CHOTCL 450/00)를 사용하여 실험한 결과 측정기간에 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 이러한 기준색의 정확한 측정을 위하여 본 연구에서는 그 측정을 한국표준과학연구원에 의뢰하였다. 동 연구원은 국제조명위원회(Commission Internationale de l'Eclairage: CIE) 규약에 의거하고 KS A-0061, KS A-0062, KS A-0063, KS A-0074, ASTM E308-66에 기술된 측정 방법에 따라 분광광도계(spectrophotometer: Varian Co.의 Cary 5E)를 사용하여, 국제조명위원회에서 규정한 "C" 광원, 시야 범위는 2도 시야(사과의 정반사 부분은 제외)에서 CIE XYZ표색계(CIE 1931 standard colorimetric system)와 먼셀 표색계(Munsell color system)로 측정하였다.

이러한 극단의 두 가지 사과 색깔 측정을 본 연구에서는 후지와 조나골드 2 품종의 사과를 대상으로 하였는데, 그 사과 시료는 숙성 초기와 말기에 각각 채취하였고 가급적 가장 미숙한 표면과 완전히 숙성한 표면이 있는 사과를 택하였다. 시료 사과는 모두 1994년 전남 곡성군에서 생산된 것으로서 미숙 그리고 완숙된 후지와 조나골드 품종을 각각 4개와 3개를 택하여 측정 대상으로 하였다.

사과의 미숙기준색 및 완숙기준색을 결정한 다음 이를 참고로 하여 본 연구에서는 후지 사과를 대상으로 그 숙성 과정의 색깔 경로를 파악하고자 하였다. 이는 후지 사과 80개의 표면 100 곳을 한국표준과학연구원에서 측정한 값과 가장 비슷한 결과를 나타낸 Denshoku사 (model TC-1500 MC)의 색차계로 측정한 후 그 결과를 xy 색도도 상의 좌표값으로 변환하여 표현하고자 하였다. xy 색도도(chromaticity diagram)에서 색상과 채도는 x와 y 좌표값으로 표시되는데, 이 좌표상의 x 값은 적색성분 그리고 y 값은 녹색성분의 상대적인 크기를 나타내므로 사과와 같이 적색과 녹색이 혼재하는 색깔은 xy 색도도로 나타내는 것이 편리하기 때문이다. 이상의 사과 숙성의 색깔 경로를 파악한 다음 본 연구에서는 동일한 사과 시료를 육안으로 5 단계로 선별한 다음 각 등

급을 결정하는 선별기준색깔을 구하였다.

이상의 연구결과를 컴퓨터 시각에 적용하기 위하여 본 연구에 사용한 컴퓨터 시각 및 조명장치 그리고 위에서 사용한 시료를 사용하여 미숙기준색과 완숙기준색의 RGB 표색계 좌표값을 구하였다. 본 측정에 사용한 컴퓨터 시각장치는 Imaging Technology사의 CFG frame grabber와 Sony사의 Video Camera (model: CCD-F380)로 구성된 것이고, 조명장치는 3파장 N형 형광등(금호전기(주)의 FL 20S EX-N/18) 3개를 광원으로 한 것이다. 컴퓨터 시각장치를 위한 알고리즘의 전반적인 내용은 서 등(1992)에서 설명한 바와 같다. 본 측정에 있어 측정 거리와 측정 부위의 면적은 한국표준과학연구원에서 측정방법과 동일한 300 mm의 거리에서 2도 시야의 면적인 직경 10 mm의 원이었다.

마지막으로 본 연구에서 구한 사과 선별 기준색깔을 적용한 컴퓨터 시각장치의 사과 선별 정확도를 알아보기 위해 시중에서 구입한 60개의 후지 사과를 대상으로 색차계, 컴퓨터 시각 그리고 육안의 세 가지 방법에 의해 각각 색깔 선별한 후 그 결과를 서로 비교하였다. 여기서 색차계에 의한 선별은 지름이 10 mm인 조사구경을 통하여 사과 1개당 표면 10곳을 측정된 후 이의 평균값을 이용하여 그 등급을 결정하는 방법으로 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 사과의 미숙기준색과 완숙기준색 결정

후지와 조나골드 품종의 미숙 그리고 완숙 사과를 대상으로 그 표면색을 한국표준과학연구원의 분광광도계로 측정한 결과의 평균치는 표 1과 같다.

이러한 사과의 미숙기준색 및 완숙기준색을 KBS 한국색채연구소와 한국공업진흥청에서 제작하고 한국표준과학연구원에서 감수한 한국표준색표집 상에서 색채 도표를 찾은 결과, 후지 품종의 미숙기준색은 0498번(2.5GY 8/8), 완숙기준색은 0070번(5R 4/10)이고, 조나골드 품종의 미숙기준색은 0509번(2.5GY 6/6), 완숙기준색은 0069번(5R 4/8) 색에 가장

가까운 색으로 판단되었다.

나. 후지 사과의 숙성 경로

후지 사과의 미숙기준색 및 완숙기준색, 그리고 후지 사과의 숙성 경로를 파악하기 위하여 후지 사과 표면 100 곳을 색차계로 측정한 값과 육안으로

등급선별한 결과를 xy 색도도 상에 나타낸 것은 그림 1과 같다. 그림에서와 같이 사과가 숙성해 가는 과정의 색깔들의 xy 색도도 상 좌표값은 모두 앞에서 선정한 미숙기준색과 완숙기준색 사이에 분포하고 있으며, 그러한 사과의 숙성 색깔은 대체로 이 두 기준색을 잇는 직선상에 분포함을 알 수 있었다.

Table 1 Color coordinate values of extremely immature and mature colors of apple

Color System		X	Y	Z	Munsell	
Apple	Immature	33.7	38.4	13.0	0.6 GY	6.7/6.9
	Mature	15.8	10.2	5.7	5.7 R	3.7/8.8
Zonagold	Immature	36.1	42.5	18.7	3.3 GY	7.0/6.3
	Mature	15.7	9.9	6.0	4.7 R	3.8/8.8

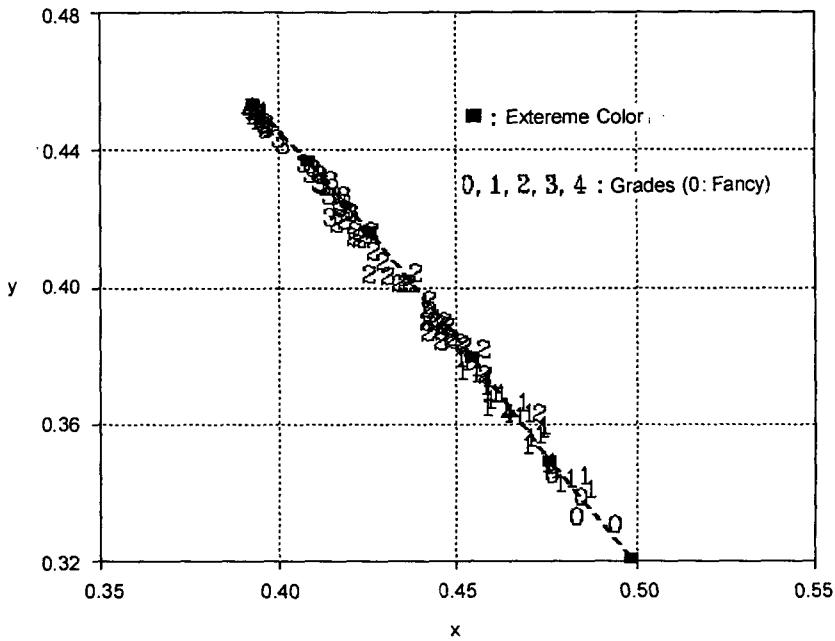


Fig. 1 Distribution of various ground colors of Fuji apple in xy chromaticity diagram and result of human vision classification of the colors (The colors were sorted in 5 grades by human vision as numbered).

그림에 보인 사과의 등급별 분포에 따라 본 연구자는 후지 품종 사과의 중간 숙성 단계를 xy 색도도 상에서 5단계로 구분하였다. 그리고 이러한 숙성 중간 5단계 선별의 기준색깔을 한국표준색표집 상 색채도표 번호로 구한 결과 특등급은 0149번(10R 5/8), 1등급은 0184번(2.5YR 6/8), 2등급은 0306번(10YR 6/6), 3등급은 0434번(7.5Y 6/6), 4등급은 0475번(10Y 6/6) 색편에 가장 가까운 색으로 나타났다.

본 연구에서는 본 연구에서 적용한 사과 등급 결정 기준색과 일본산 사과 등급 결정 기준색을 비교하기 위하여 일본농림수산성 과수시험장에서 결정한 후지 품종 사과의 컬러 차트를 구입하여 이들을 비교하였으며 그 결과는 그림 2와 같다. 그림에서와 같이 국내산 후지 사과와 일본산 후지 사과의 숙성 경로가 거의 비슷하나 미숙기준점과 완숙기준점은 서로 다를 수 있었다. 이는 본 연구에서 미숙기준색 결정시 상당히 미숙한 사과를 시료로 사용하였고, 완숙기준색은 일본산 후지 사과가 국내산에 비해 약간 더 진한 붉은 색을 띠고 있음에 기인한 것으로 생각되었다.

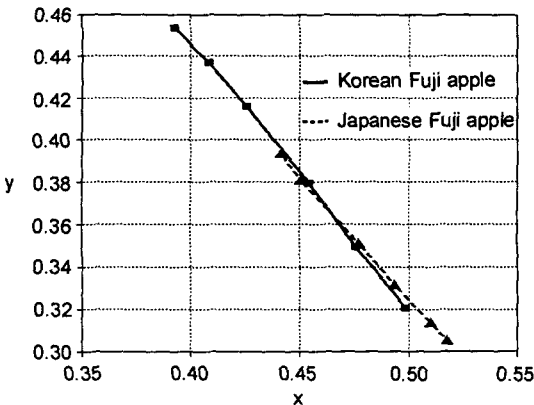


Fig. 2 Comparison of grading colors of Korean and Japanese Fuji apples.

다. 후지 사과 선별 기준색의 rg 색도도 상의 분포

컬러 컴퓨터 시각장치를 이용하여 사과를 색깔에 의해 선별하기 위해서는 일정한 조명하에서 사과 표

면색의 rg 색도도 상의 분포와 선별 기준색깔의 좌표를 구하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 컴퓨터 시각장치를 사용하여 위에서 설명한 xy 색도도 상의 선별 기준색깔 선정방법과 같은 방법으로 선별 기준색깔의 좌표를 구하였다. 사과 표면색 분포조사에의 경우 위에서 사용한 동일한 시료를 사용하였고, 선별 기준색깔 좌표를 결정하기 위해서는 위에서 선정한 xy 색도도 상의 선별 기준색깔에 해당하는 사과 시료를 이용하였다. 이와 같은 방법으로 육안에 의해 결정한 사과 등급의 rg 색도도 상의 분포와 선별기준색의 좌표를 구하였으며 그 결과는 그림 3과 같다. 그림과 같이 rg 색도도 상에서 사과의 숙성 과정을 나타내는 색깔 경로가 직선이 아닌 것으로 나타났다.

라. 컬러 컴퓨터 시각에 의한 사과 선별 실험

위에서 구한 rg 색도도 상의 등급 선별 기준색깔을 컴퓨터 시각장치의 사과 선별 알고리즘에 적용한 후 이에 의해 후지 사과를 색깔에 의해 선별하였다. 그리고 육안선별과 색차계에 의한 선별 결과를 비교하였으며 구체적인 등급선별 결과는 다음과 같다.

컴퓨터 시각장치를 이용하여 결정한 사과 등급과 육안에 의해 결정한 사과 등급을 비교한 결과는 표 2와 같다. 표에서와 같이 컴퓨터 시각장치에 의한 등급과 육안에 의한 등급이 일치한 경우는 65%로 나타났다.

Table 2 Comparison of apple grades sorted by machine vision and human vision

Machine \ Human	Fancy	1	2	3	4
	Fancy	11	4	2	
1	3	3	6		
2		3	25		
3			3		
4					

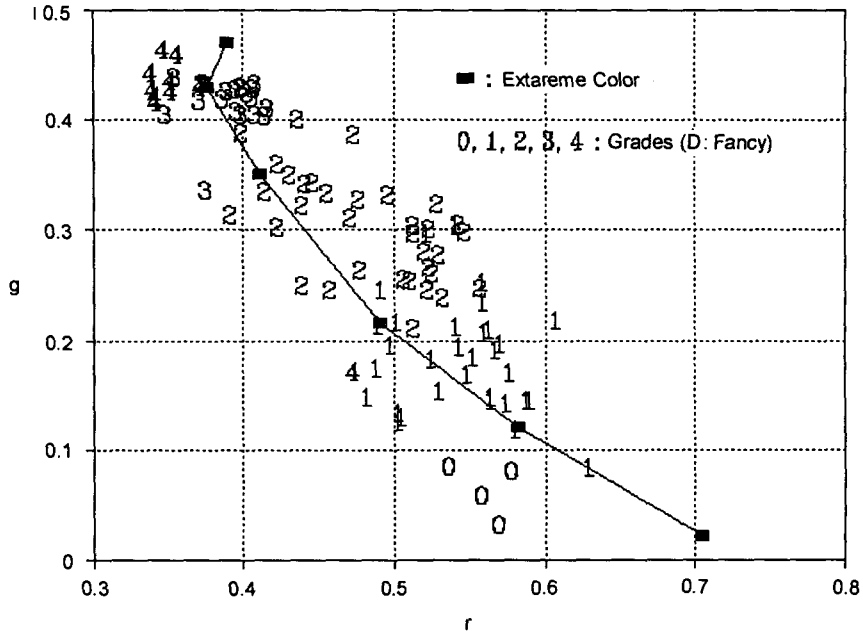


Fig. 3 Distribution of various color of Fuji apple in r-g chromaticity diagram (The colors were sorted in 5 grades by human vision as numbered).

컴퓨터 시각장치에 의해 결정한 사과 등급과 색차계를 이용하여 결정한 사과 등급을 비교한 결과는 표 3과 같다. 표에서와 같이 컴퓨터 시각장치에 의한 등급과 색차계에 의한 등급이 일치한 경우는 75%로 나타났고, 두 방법간의 선별 등급차는 최대 1 등급이었다.

컴퓨터 시각장치에 의한 선별이 색차계에 의한 선별과 거의 같은 원리에 의해 수행되었음에도 불구하고

고 이와 같이 두 가지 방법으로 판정한 결과가 일치한 정도가 75% 수준 정도로 나타난 원인을 검토한 결과, 색차계에 의해서는 사과 표면 중 직경 10 mm의 영역을 10회 측정하므로서 총 관찰 면적이 785 mm<sup>2</sup>이었고, 컴퓨터 시각장치에 의해서는 사과 상부 표면에서 꼭지점 부분과 일부 외곽선 영역을 제외한 면적 즉 사과 직경이 80 mm일 때 총 관찰 면적이 약 3,700 mm<sup>2</sup>로서 두 방법간 관찰 면적의 크기가 서로 다른 것이 주요 이유인 것으로 판단되었다.

Table 3 Comparison of apple grades sorted by colorimeter and machine vision

Colorimetric / Machine	Fancy	1	2	3	4
Fancy	7	7			
1		10			
2		6	28	2	
3					
4					

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 색깔에 의한 사과 선별의 기초연구로서 사과 선별의 기준색깔을 결정하기 위하여 수행하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 우선 후지와 조나골드 품종에 대한 완전미숙 사과와 완전숙성 사과의 표면 색깔을 한국표준과학연구원에 의뢰하여 측정하고 그 결과로부터 극단의 두 기준색을 결정하였다.

후지품종의 사과를 중심으로 위에서 결정한 두 기준색 사이에서 사과의 숙성에 따른 색깔 변화를 다양한 사과 색깔로부터 그 경로를 추적한 다음 이를 xy 색도도 상에 나타냈다. 그리고 그 결과를 일본에서 사용하고 있는 후지 사과선별용 컬러 차트와 비교한 결과, 본 연구에서 구한 완전미숙과 완전숙성의 두 기준색은 일본의 자료와 차이가 있으나 후지 사과 색깔의 숙성 경로는 거의 일치함을 확인하였다.

후지 사과의 등급별 기준색깔을 결정하기 위하여 본 연구에서는 일반 사과 농가에서 수행하고 있는 색깔 선별 방법을 적용하여 사과 숙성 경로 추적에 사용한 사과를 선별한 다음 각 등급의 사과에 해당하는 색깔 영역을 본 연구에서 구한 후지 사과 숙성 경로상에서 구하였다.

후지 사과의 등급별 색깔 영역을 컴퓨터의 시각에 적용하여 사과 선별 실험을 수행한 결과, 육안과 색차계로 판단한 선별 결과의 일치정도가 각각 65%와 75%로 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. 노상하, 유관희, 김성민. 1991. 영상처리 장치를 이용한 사과의 선택판정. 한국농업기계학회지 16(3):272-280.
2. 서상룡, 김병순, 임형돈, 윤여두. 1991. 컬러 컴퓨터

3. 서상룡, 유수남, 임형돈, 신건철, 윤여두. 1992. 컬러 컴퓨터 시각과 육안에 의한 사과 색깔 식별. 한국농업기계학회지 17(2):123-131.
4. Delwiche, M. J., and R. A. Baumgardner. 1983. Ground color measurement of peach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 108(6):1012-1016.
5. Delwiche, M. J., and R. A. Baumgardner. 1985. Ground color as a peach maturity index. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(1):53-57.
6. Delwiche, M. J. 1987. Grader performance using a peach ground color maturity chart. J. Am. Soc. Hort. Sci. 202(1):87-89.
7. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A color vision system for peach grading. Trans. of the ASAE 32(4):1484-1490.
8. Shearer, S. A. and F. A. Payne. 1990. Color and defect sorting of bell peppers using machine vision. Trans. of the ASAE 33(6):2045-2050.
9. Singh, Nimesh et al. 1992. Peach maturity grading with color computer vision. ASAE Paper No. 92-3029, St. Joseph, MI.
10. United States Office of the Federal Register. 1993. United States standards for grades of apples. Code of Federal Regulation. 7:126-135.