

흑백영상처리장치를 이용한 과실선별기 개발에 관한 연구( I )\*  
-크기 및 색택 판정-

**Development of a Fruit Grader using Black/White  
Image Processing System( I )\***  
-Determining the Size and Coloration-

노상하\*\*  
S. H. Noh

이종환\*\*  
J. W. Lee

이승훈\*\*  
S. H. Lee

**Summary**

This study was intended to examine feasibility of sizing and color grading of Fuji apple with black/white image processing system, to develop a device with which the whole surface of an apple could be captured by one camera, and to develop an algorithm for a high speed sorting. The results are summarized as follows :

1. The black/white image processing system used in this study showed a maximum error of 1.3% in area measurement with a reference figure while the focusing point of camera and location of the reference figure were changed within a certain range.
2. As the result of evaluating four automatic image segmentation algorithms with apple images, Histogram Clustering Method was the best in terms of computation time and accuracy.
3. The fast algorithm for analyzing size and coloration of apple was developed.
4. The whole surface of an apple could be captured in an image frame with two mirrors installed on the both sides of the sample. The total area of the image representing the whole surface showed a correlation of 0.995 with the weight of apple.
5. The gray level when a particular band pass filter was mounted on the camera showed high correlation with 'L' and 'a' values of Hunt color scale and could represent the coloration of apple.

---

\* 이 연구는 한국과학재단('91-'93)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

## 1. 서론

농촌 노동력의 급격한 감소와 함께 주로 고용 노동력에 의존하는 과실류 선별의 기계화가 시급한 실정이며, 보다 적합한 선별기준을 적용하여 과실류의 부가가치를 높임은 물론 품위기준의 객관화로 유통의 합리화 및 외국산 농산물 수입개방 압력에 적극적으로 대처하는 길을 제시하여야 할 것이다.

인력에 의한 과실 선별은 숙련된 노동력이 요구될 뿐만 아니라 선별자에 따른 판정기준이 일정하지 않고 선별자의 심리적·육체적 상태에 따라 변화가 심하다.

국내에서 시판, 사용되고 있는 중량선별기는 사과, 배, 감, 복숭아, 귤 등의 과일을 최대 10개 등급으로 시간당 4,500~5,000개 정도 선별할 수 있으나 중량 외에 색택이나 결점 등의 중요한 선별요인을 선별기준으로 고려할 수 없으므로 광범위하고 융통성 있는 선별작업에 이용하기가 어렵다.

최근 선진국에서 개발, 이용되고 있는 영상처리식 선별기는 크기 및 색택에 의한 등급별 선별이 가능할 뿐만 아니라 하드웨어의 대량생산으로 가격이 떨어지고, 처리속도가 증가하여 선별의 고속화가 가능하므로 인력에 의한 농산물의 선별이나 기존의 중량선별기, 형상선별기 및 광학적 선별기를 대체할 수 있는 적절한 대안이 되고 있다.

국내외에서 발표된 문헌<sup>1),4),5),6),7)</sup>에 의하면 영상처리에 의한 과일 선별에 있어 과일의 전체표면을 대상으로 하지 않고 대표적인 일부 표면만을 카메라에 입력하여 분석하였기 때문에 임의적으로 분포하는 표면의 상처 및 병반점의 검출은 물론 전체적인 색택을 결정하는 데도 어려움이 있다. 또한 프로그램 기법에 따라 크기, 모양 및 색택을 판정하는데 걸리는 시간이 길고 차이가 개체마다 크기 때문에 선별능률을 향상시키기 위한 알고리즘의 개발 및 하드웨어의 구성이 필요하다.

일본과 미국 등에서는 이미 영상처리식 선과

기가 개발되어 보급되고 있는 실정이지만, 우리나라에서는 영상처리를 이용한 농산물 선별에 대한 이론적 기초연구만이 몇몇 연구자들에 의해 이루어지고 있을 뿐이다. 따라서, 이 연구는 가격이 저렴한 흑백영상처리장치를 이용하여 과실을 선별하는 시스템을 개발하기 위한 일련된 연구의 하나로써, 과실 개체의 전표면을 동시에 한 대의 카메라에 입력되도록 실험장치를 구성하며, 입력된 영상으로부터 과실의 크기 및 색택을 판정하는 방법을 구명하고, 특히 실용화를 위해서 반드시 요구되는 고속선별을 위한 알고리즘을 개발하고자 수행되었다.

이 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 영상 영역화를 위한 기존의 알고리즘을 비교, 검토하고,
- 2) 영상처리장치에 의해 크기 및 색택을 분석하는 알고리즘을 개발하며,
- 3) 과일의 성숙도 또는 품위에 따른 표면색택과 크기를 분석하여 등급 결정을 위한 기초 자료를 제시한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험장치

#### 1) 흑백영상처리장치

이 연구에서 이용한 흑백영상처리장치는 흑백 CCD 카메라, 흑백용 프레임그래버(frame grabber), 영상출력 모니터, 조명장치 및 IBM PC/AT로 구성된다.

흑백 CCD 카메라(Model PULNiX TM-545, IT, Inc., USA : MC 5456)에는 일정 구간의 파장대역의 광만을 통과시키는 필터(band pass filter)를 설치하였으며, 조명장치는 그림 1과 같다. 그 외의 장치는 노 등<sup>1)</sup>이 사용한 것과 동일하다.

#### 2) 조명장치

그림 1과 같은 조명장치의 프레임을 만들고 일자형 형광등(10W)을 이용하여 조명하였다. 균일하고 산란된 광을 얻기위해 얇은 백색의 아

크릴 판을 아치 형태로 만들어 설치하였다.

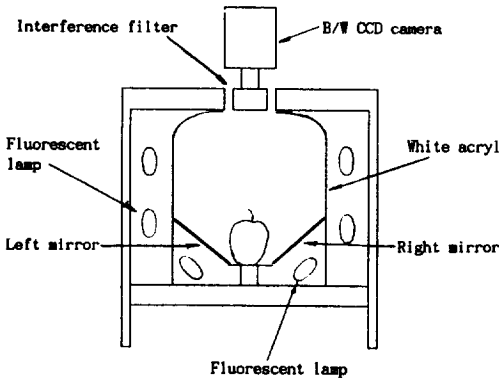


Fig. 1. Cut-away view of the illumination chamber.

그리고, 시료의 모든 면에 대한 영상을 얻기 위해 시료의 양쪽에 평면경을 설치하였다. 이 연구에서는 카메라에 직접 들어오는 영상을 직접 영상(direct image), 평면경에 반사되어 입력되는 영상을 반사영상(left and right reflected images), 이들 영상을 모두 합하여 전표면영상(whole surface image)이라고 명명하였다.

나. 공시재료

이 연구에서는 우리 나라에서 생산되는 과실류 중에서 사과를 공시재료로 사용하였으며 특히, 사과중에서도 상품적 가치가 우수한 것으로 알려진 후지(Fuji)를 대상으로 하였다.

인력에 의해 4 등급으로 선별되어 시판되는 후지를 각 등급별로 한 상자씩을 구입하였다. 각 개체를 전자저울을 이용하여 무게별로 재분류해 본 결과, 상자당 20%~60% 정도가 잘못 선별되어 있는 것으로 판단되었다.

다. 실험내용 및 방법

1) 영상처리장치의 신뢰도 평가

크기 및 색택을 판정하는데 있어서 이 연구에서 구성한 흑백영상처리장치의 신뢰도를 검토하기 위해, 조명의 광도 변화, 카메라와 시료간의 거리, 시료의 위치 및 각도 변화 등에 따른 투영면적 및 화소치 측정에 대한 상대오차를 분석하

였다. 이때, 영상 영역화는 실험자의 육안에 의하여 수행되었다.

2) 영상 영역화 알고리즘 비교

이 연구의 실험장치를 이용하여 과실선별기를 개발하기 위해서는 입력영상에서 시료영상과 배경영상을 영역화하는 알고리즘이 필요하다. 각종 영상 영역화 알고리즘들은 각각 장단점을 가지고 있으므로 입력영상의 특징에 따라 가장 적합한 알고리즘을 선택할 필요가 있다.

이 연구에서는 이2)가 커피 및 우유 미립자와 사과에 대한 영상을 대상으로 각 알고리즘의 성능을 정량적으로 평가한 바 있는 히스토그램 클러스터링 방법(Histogram Clustering Method), 단순 영상 통계 방법(Simple Image Statistic Method), 모멘트 보존 방법(Moment Preserving Method) 및 최대 엔트로피 방법(Maximum Entropy Method)에 의하여, 표 1에서와 같은 4가지의 표준영상에 대하여 영상 영역화를 수행하고 영상 영역화 알고리즘을 비교, 검토하였다.

Table 1. Four standard images for comparing the automatic thresholding algorithms.

Image	Area ratio	Lighting	Remarks
SI-1	0.237	relatively bright	one direct image
SI-2	0.604	relatively bright	one direct image
SI-3	0.237	relatively dark	one direct image
SI-4	0.237	relatively bright	one direct image + two reflected images

한편, 영상처리식 과실선별기를 개발하기 위해서는 과실의 크기 및 조명상태의 시간적 변화에 관계없이 영상 영역화를 수행할 수 있는 알고리즘이 요구된다. 따라서, 대상물체의 크기(SI-1과 SI-2)와 조명상태(SI-1과 SI-3)가 서로 다르거나, 이 연구에서와 같은 직접영상 및 반사경을 통하여 얻은 반사영상이 있는 영상(SI-4)을 표준영상으로 하였다.

각 영상 영역화 알고리즘을 비교, 검토하기 위해, 기준 면적 화소수를 기준으로 이들 알고리즘에 의하여 얻은 면적에 해당하는 화소수의 상대오차를 분석하였다. 여기서, "기준면적 화소수"란 실험자가 직접 영상 영역화를 수행한 후 조

사한 면적에 해당하는 화소수를 의미한다.

### 3) 단면적 및 평균화소치 측정을 위한 알고리즘 개발

개발된 영상처리식 과실선별기가 실용적이기 위해서는 초당 1~3개 이상의 고속선별이 가능하여야 한다고 사료된다. 영상처리식 과실선별기 개발에 있어서 가장 중요한 요소중의 하나는 크기 및 선택 등을 측정하여 과실의 등급을 결정하는데 소요되는 시간이므로, 이 연구에서는 입력영상을 대상물체와 배경으로 영역화한 후 물체의 단면적, 평균화소치(average gray value) 등을 고속으로 측정할 수 있는 컴퓨터 알고리즘을 개발하였다. 또한, 시료의 전표면영상으로부터 부피를 갖는 시료의 크기(size) 및 대표화소치(representative gray value)를 측정하는 방법을 제시하였다.

#### 4) 크기 및 선택 판정 방법 구명

앞에서 제시한 크기 및 대표화소치를 고속으로 측정하는 방법을 이용하여 크기, 모양 및 선택이 다른, 임의로 선택한 사과를 대상으로 크기와 무게, 대표화소치와 선택과의 상관관계 등을 구명하였다. 또한, 시료의 전표면영상으로부터 측정한 크기 및 대표화소치와 직접영상만으로부터 측정한 크기 및 대표화소치를 비교하였다.

흑백영상처리장치에서 각 화소의 화소치는 대상 물체의 색깔보다는 밝기에 크게 좌우된다. 따라서 일차적으로 선택에 따른 화소치의 차이를 조사하고, 특정 필터를 카메라에 장착하여 사과 의 붉은 정도에 따른 화소치의 변화를 측정하였다. 또한 측색계(colorimeter)를 사용하여 측색계에 의한 표면선택의 측정값과 영상분석에 의한 화소치와의 상관관계를 분석함으로써 선택판정 가능성 및 그 기준을 검토하였다.

### 3. 알고리즘 및 실행 프로그램 개발

#### 가. 단면적 및 크기 측정을 위한 고속 알고리즘

입력영상의 주어진 영역내에 n개의 점이 일정한 간격으로 배열된 눈금망(graticule)을 설정하고, 물체에 해당하는 화소의 수( $a_p$ )와 전체 눈금의 수( $A_p$ )를 조사한다. 그러면, 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\frac{a_p}{A_p} = \frac{\text{물체의 단면적}}{\text{주어진 영역의 면적}} = A_v \dots\dots(1)$$

여기서,  $A_v$ 를 “面積比”라고 한다. 주어진 영역의 단면적 및  $A_p$ 는 미리 알 수 있는 값이므로 물체의 단면적은  $a_p$ 를 조사한다면 쉽게 계산된다.

눈금망을 구성하는 점들은 임의적으로 분포하여야 한다(이 연구에서는 지그재그형으로 하였음). 한편, 눈금망의 점의 수는 다음식으로 표현되는 상대표준오차(relative standard error, RSE)에 의하여 결정한다.

$$RSE = \frac{\sqrt{1 - A_v}}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2)$$

따라서, 면적비가 클수록 같은 RSE 값에 대해 전체 점의 수 n 이 줄어든다는 것을 알 수 있다.

물체에 해당하는 화소의 수( $a_p$ )를 조사하기 위해서는 배경영상과 물체영상을 구분하는 문턱값이 설정되어야 한다. 이 연구에서는 바로 앞절에서 언급한 영상 영역화 알고리즘을 이용하여 배경과 대상물체를 분리하기 위한 문턱값을 결정하고, 결정된 문턱값을 이용하여 프레임그래버의 입력 룩업 테이블(input look-up table)<sup>3)</sup>을 조절하여 배경에 해당하는 화소의 화소치를 일정한 값이 되도록 하였다.

한편, 입력영상에는 하나의 직접영상과 두개의 반사영상이 나타난다. 이 연구에서는 이들 3 종류의 영상으로부터 얻은 각각의 면적비를 더한 값( $A_r$ )을 이용하여 물체의 크기를 분석하였다.

#### 나. 대표화소치 측정을 위한 고속 알고리즘 개발

이 연구에서는 하나의 직접영상과 두개의 반사영상으로부터 얻은 각각의 평균화소치를 이용

하여 다음과 같이 물체의 대표화소치를 측정하였다.

주어진 사과와 동일한 부분에 대한 평균화소치는 직접영상과 반사영상 간에 차이가 있기 마련이다. 따라서, 대표화소치를 구하기 위해서는 직접영상과 반사영상간의 평균화소치의 상관관계를 분석하여, 이들을 보정하여야 한다.

직접영상 및 반사영상으로부터 물체의 크기를 대표하는 지수,  $A_i$ 와 색택을 대표하는 지수인 대표화소치,  $G_i$ 는 다음과 같은 방법으로 구한다.

$$A_i = A_m + A_r + A_l \dots\dots\dots (3)$$

$$G_i = \frac{(G_m \times A_m) + (FG_r \times A_r) + (FG_l \times A_l)}{A_i} \dots\dots\dots (4)$$

여기서,

- $A_m$  = 직접영상의 면적비
- $A_r$  = 우측 반사영상의 면적비
- $A_l$  = 좌측 반사영상의 면적비
- $G_m$  = 직접영상의 평균화소치
- $FG_r$  = 우측 반사영상의 보정된 평균화소치
- $FG_l$  = 좌측 반사영상의 보정된 평균화소치

$G_i$ 를 계산한 후 시료의 등급을 결정한다. 이러한 과정은 모든 시료에 대하여 동일하게 이루어진다.

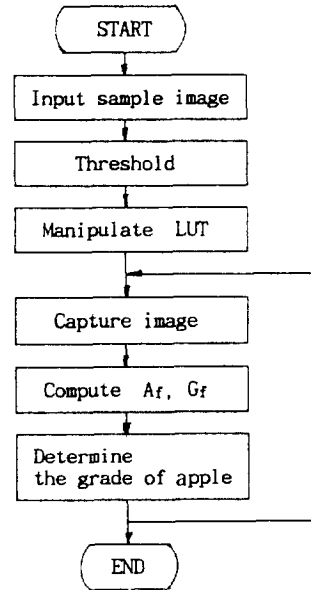


Fig. 2. Flow chart of master program.

다. 실행 프로그램

실행 컴퓨터 프로그램의 순서도를 그림 2에 나타냈다.

입의의 시료에 대한 영상을 입력하고 자동 영상 영역화 알고리즘을 이용하여 물체영상영역과 배경영상영역을 영역화할 수 있는 문턱값을 찾아낸다. 그리고 영상처리장치의 룩업 테이블을 조작하여 설정된 문턱값으로 입력영상이 영상 영역화가 될 수 있도록 한다. 이상의 과정은 한번만 수행된다. 실제에 있어서 영상 영역화를 위한 문턱값 설정을 모든 시료마다 수행하는 것은 비실용적이므로 주어진 조명 및 배경 상태에 따라 한번 설정된 값을 사용도록 하여야 한다. 따라서, 영상처리식 과실선별기를 개발하기 위해서는 과실의 종류 및 특징에 따른 문턱값에 대한 데이터 베이스가 요구된다.

시료에 대한 영상을 획득함과 동시에 영상 영역화가 이루어지며 영역화된 영상을 이용하여  $A_i$ ,

4. 결과 및 고찰

가. 흑백영상처리장치의 신뢰도 평가

1) 단면적의 측정오차

20cm<sup>2</sup>와 40cm<sup>2</sup>인 색지의 면적에 해당하는 화소수를 10회씩 반복 조사하였는데, 반복간의 측정 오차는 미미하였으며(표 2 참조), 면적이 2배가 되었을 때 화소수는 2.0068배가 되었다.

Table 2. Result of area measurement.

Material	Repetition	Unit	Mean	S.D.
Black colored paper with area, 4x5 cm <sup>2</sup>	10	No. of pixel / cm <sup>2</sup>	653	1.75
Black colored paper with area, 5x8 cm <sup>2</sup>	10	No. of pixel / cm <sup>2</sup>	655	0.33

한편, 위치에 따른 단면적의 측정오차를 알아보기 위해, 면적이 40cm<sup>2</sup>의 정방형의 색지를 카메라의 중심에 위치시켰을 때와 카메라의 중심

으로부터 상하좌우, 4 방향으로 각 5cm씩 떨어진 곳에 위치시켰을 때의 화소수를 조사하였다. 카메라의 중심에 위치한 색지의 화소수를 기준으로 중심에서 벗어난 위치에 있는 색지들에 대한 면적에 해당하는 화소수의 상대오차는 0.74% ~ 1.31% 정도로 나타났다.

높이가 7.5cm인 사과를 대상으로 카메라의 초점을 사과의 윗면과 아래면에 각각 맞추었을 때, 면적에 해당하는 화소수의 그들간의 상대오차는 0.13% 정도이었다.

2) 평균화소치의 측정오차

여섯 가지의 기준색지를 대상으로 카메라 초점을 색지의 표면 또는 표면으로부터 약 5cm높이에 맞추거나, 2개의 사과를 대상으로 초점을 사과의 꼭지면과 사과 높이의 중간 부분에 맞추었을 때 대상물체의 평균화소치의 차이를 검토하였다.

모든 경우에 있어서 반복간의 상대오차는 매우 작았으며, 카메라의 초점 위치에 따른 화소치의 차이는 0.25~2.00% 로서 매우 미미한 것으로 나타났다(표 3 참조). 따라서, 조명장치 및 영상처리장치는 안정적인 것으로 판단된다. 한편, 표 3에서 알수 있듯이 붉고 검을수록 화소치가 낮았으며 노란색일수록 화소치가 높았다.

Table 3. Relative error in gray values depending on the focussing point of camera.

Materials		In focus		Out of focus	
		Mean	S. D.	Mean	S. D.
Colored papers	Red	66	0.17	66	0.22
	Orange	105	0.11	105	0.13
	Yellow	178	0.11	177	0.08
	Green	61	0.21	60	0.32
	Blue	84	0.23	83	0.23
	Black	20	0.20	20	0.32
Apple I		84	0.04	84	0.03
Apple II		106	0.02	107	0.03

나. 영상 영역화 알고리즘 비교

각종 알고리즘을 이용하여 4가지의 표준영상에 대한 자동 영상 영역화를 수행한 결과, 문턱값 및 면적 해당 화소수 등은 표 4와 같다.

Table 4. Comparisons of four automatic image segmentation algorithms.

Cases	Images	Algorithm				
		Reference	Histogram Clustering	Moment Preserving	Simple Image Statistic	Maximum Entropy
Threshold	SI-1	-	144	146	149	153
	SI-2	-	153	114	135	169
	SI-3	-	49	64	69	81
	SI-4	-	150	175	146	174
Area In	SI-1	30940	30584	30619	30662	30722
	SI-2	79119	80114	74552	79098	79371
	SI-3	30948	30335	31586	33538	31007
	SI-4	66335	66891	69472	66149	69189
No. of pixel	SI-1	-	1.15	1.04	0.90	0.70
	SI-2	-	1.28	5.77	0.03	0.32
	SI-3	-	1.98	2.06	7.72	0.19
	SI-4	-	0.84	1.71	0.28	4.30

히스토그램 클러스터링 방법은 4가지의 표준 영상에 대하여 모두 정확하게 영상 영역화를 수행하였다. 모멘트 보존 방법은 면적비의 변화에 민감하였으며, 단순 영상 통계 방법은 전표면영상에 대한(표준영상-4) 영상 영역화에 가장 우수한 성능을 보였다. 최대 엔트로피 방법은 직접 영상에서는 매우 정확하였으나 전표면영상에 대해서는 면적 해당 화소수에 대한 측정 오차가 가장 컸다.

이상의 결과를 종합해 볼때 전표면영상에 대해서는 히스토그램 클러스터링 방법과 단순 영상 통계 방법이 가장 적절한 영상 영역화 알고리즘으로 판단된다. 그러나, 후자는 수행시간을 많이 소요하는 단점이 있다.

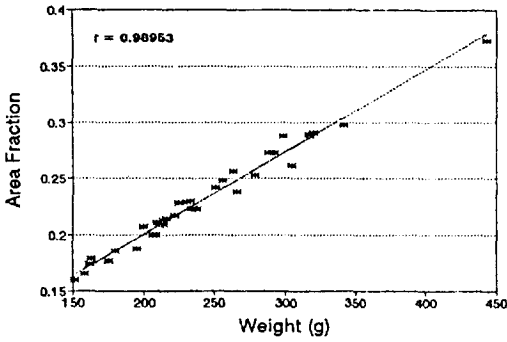
다. 사과의 크기와 무게와의 상관관계

공시재료(사과)들의 무게와 직접영상 및 전표면영상으로부터 얻은 면적과의 상관관계를 각각 측정하였는데, 전표면영상에서의 상관관계가 약간 높았다(그림 3 참조).

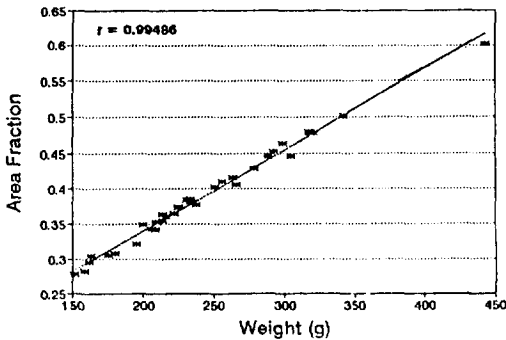
라. 사과의 선택 판정

1) 측색계를 이용한 선택의 판정

사과 표면 선택의 판정 가능성을 보다 자세히 알아보기 위하여 다수의 사과를 임의로 선정하여 50 군대를 선택별로 표시한 후 측색계를 이용하여 동일한 부위의 선택을 측정하고 헌트 측색계(Hunt color scale)의 'L', 'a', 'b' 값으로



(a) weight vs. projected area of direct image



(b) weight vs. surface area of direct and two reflected image

Fig. 3. Correlation between the weight and projected area of apple.

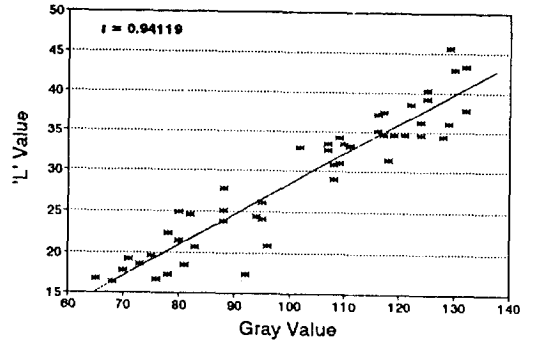
표시한 후 이들 값과 화소치와의 상관관계를 조사하였다.

그림 4는 평균화소치와 'L' 값 및 'a' 값과의 관계를 표시한 것으로 이들 사이에는 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다.

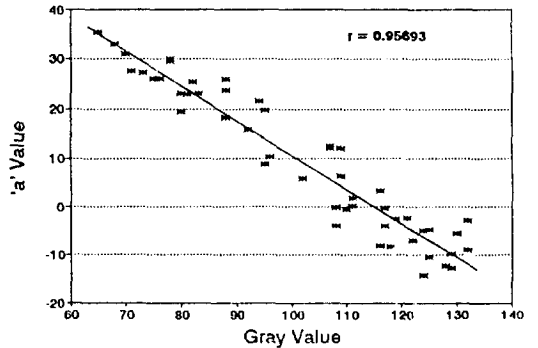
따라서, 화소치로 표시된 색택은 사과 표면 색택을 대표한다고 할 수 있다.

## 2) 광학필터를 이용한 사과의 색택 판정

앞에서 언급하였듯이 색택과 화소치와는 일정한 관계가 있지만, 흑백영상처리장치에 의하여 사과(후지)의 속도를 판정하기 위해서는 성숙에 따른 색택변화와 대표화소치간에 비례관계가 요구된다. 그런데, 푸른색이 붉은색 보다 높은 화소치를 나타내지만 노란색은 더 낮았다. 따라서,



(a) gray value vs. 'L' value



(b) gray value vs. 'a' value

Fig. 4. Correlation between the gray values and 'L' and 'a' values of Hunt color scale.

이 연구에서는 사과의 영상을 받아들일 때 광학필터를 사용함으로써 푸른빛을 띠는 사과의 화소치를 노란빛을 띠는 사과보다 높게 나타나도록 하였다. 그 경우에도 붉은빛을 띠는 사과의 화소치가 푸른빛을 띠는 사과보다 낮게 나타났나.

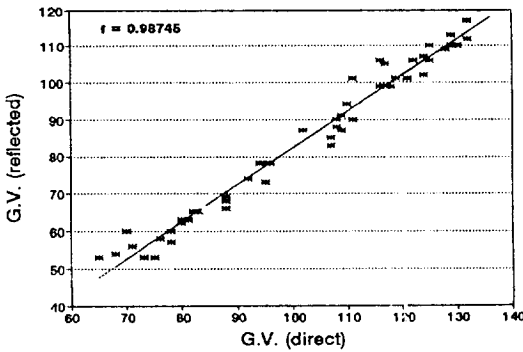
아주 붉은 사과를 A 그룹, 붉은 사과를 B 그룹, 붉은기와 푸른기가 절반 정도 섞여 있는 사과를 C 그룹, 노랑빛을 띠는 사과를 D 그룹, 전체적으로 푸른기를 띠는 사과를 E 그룹이라고 하고, 그들에 대한 직접영상 및 반사영상에서의 평균화소치, 대표화소치를 측정하였다. 표 5에서 알 수 있듯이, 푸른빛을 띠는 사과의 화소치가 가장 높게 나타났으며, 같은 등급에서 반사영상의 화소치가 직접영상에 비해 14~23 정도 낮았으나 등급간의 순서는 동일한 순으로 나타났나.

Table 5. Gray value of direct and reflected images by coloration.

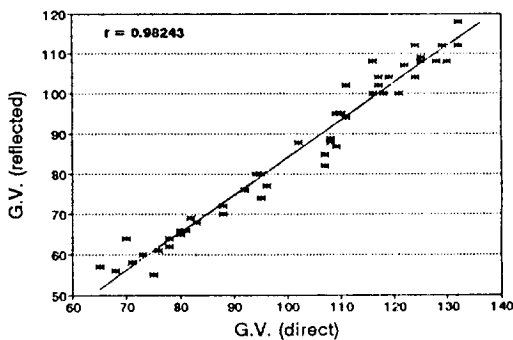
Groups of apple	Direct image		Left reflected image		Right reflected image	
	Gray value	S.D.	Gray value	S.D.	Gray value	S.D.
Group A	69	6	54	5	53	5
Group B	87	7	69	7	68	7
Group C	110	9	89	11	87	9
Group D	126	6	112	5	109	5
Group E	130	7	115	5	113	5

색택이 다양한 다수의 사과를 선정하고, 각각에 대해 선택분포가 일정하다고 판단되는 부위에 대한 평균화소치를 직접영상 및 반사영상에서 측정하여 비교하였다.

그림 5에서 알수 있듯이, 동일부위에 대한 반사영상에서의 평균화소치는 직접영상에서 얻은 평균화소치와 높은 상관관계를 보였으며, 그들의 관계는 식(5)와 (6)과 같았다.



(a) direct image vs. right reflected image.



(b) direct image vs. left reflected image.

Fig. 5. Correlation between the gray value of direct image of a given apple surface and those of reflected images from the mirrors.

$$FG_r = \frac{G_r + 16.3503}{0.9862} \dots\dots\dots (5)$$

$$FG_l = \frac{G_l + 9.0035}{0.9316} \dots\dots\dots (6)$$

여기서,

$FG_r$  = 우측 반사영상의 보정된 평균화소치

$FG_l$  = 좌측 반사영상의 보정된 평균화소치

$G_r$  = 우측 반사영상의 평균화소치

$G_l$  = 좌측 반사영상의 평균화소치

### 5. 요약 및 결론

영상처리장치를 이용한 과일선별기가 최근 선진국에서 보급되고 있으며, 과실의 계급별 및 등급별로 선별이 가능할 뿐만 아니라 선별능률도 뛰어나다.

이 연구에서는 저렴한 흑백영상처리장치를 이용하여 한 대의 카메라로 사과의 크기 및 색택을 측정할 수 있는 선별장치를 구성하고 사과면적과 색택에 따른 선별을 고속으로 수행하기 위한 소프트웨어를 개발함으로써, 영상처리식 과일선별기 개발을 위한 기초자료를 제시할 목적으로 수행되었으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 반복간 차이, 위치이동 및 카메라 초점의 변화에 따른 투영면적의 측정 오차는 최대 1.3% 정도였다.
- 2) 사과영상을 대상으로 4가지의 자동 영상 영역화 알고리즘을 비교한 결과, 히스토그램 클러스터링 방법이 가장 우수하였다.
- 3) 영상처리장치에 의해 크기 및 색택을 분석하기 위한 고속 알고리즘을 개발하였다.
- 4) 반사영상을 포함한 전표면영상에서 계산한 사과(후지)의 크기와 무게간의 상관관계는 0.995이었으며, 직접영상만을 이용한 상관관계보다 높았다.
- 5) 흑백영상처리장치를 이용하여 얻은 화소치로 나타나는 후지사과의 색택은 헛트 측정계의 'L' 값 및 'a' 값과 높은 상관관계



가 있었으며, 흑백영상처리장치에 의해 사과  
과의 선택 판정이 가능한 것으로 판단되었  
다.

#### 참고문헌

1. 노상하, 류관희, 김성민. 1991. 영상처리장치를 이용한 사과의 선택 판정. 한국농업기계학회지, 16(3) : 272-280.
2. 이종환. 1992. 농산물 및 미립자의 기하학적 특성 분석을 위한 컴퓨터 비전 시스템. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
3. Imaging Technology. 1987. ITEX PCplus programmer's manual. Imaging Technology Inc., Massachusetts.
4. Marchant, J.A., C.M. Onyango and M.J. Street. 1988. High speed sorting of potatoes using computer vision. ASAE paper, 88-3540.
5. Miller, B.K. and M.J. Delwiche. 1989. A color vision system for peach grading. Trans. of the ASAE, 32(4) : 1484-1490.
6. Rehkugler, G.E. and J.A. Troop. 1986. Apple sorting with machine vision. Trans. of the ASAE, 29(5) : 1388-1397.
7. Sarkar, N. and R.R. Wolfe. 1985. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. Trans. of the ASAE, 28(5) : 1714-1718.