

## 기계시각을 이용한 홍고추의 기하학적 및 물리적 특성 분석

# Analysis of Geometrical and Physical Properties of Red Pepper by Machine Vision

김영복	이승규	김성태	나우정	송대빈	이호준
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y. B. Kim	S. K. Lee	S. T. Kim	W. J. La	D. B. Song	H. J. Lee

### SUMMARY

The geometrical and physical properties of red peppers were studied for proper design of a red pepper processor. Mass, volume, roundness and compactness of red peppers were calculated from digital images. They were compared with real data and the relations of them were suggested. Roundness of red peppers was ranged from 0.2 to 0.5 and the average value was 0.349. Compactness of red peppers was ranged from 25 to 50 and the average value was 37.1. The regression equations to calculate the volume and mass of red pepper were obtained as  $y_v = 0.553x_1 + 1.441x_2 - 1.013x_3$  ( $R=0.95$ ) and  $y_m = 0.252x_1 + 0.938x_2 - 0.499x_3 - 1.5112$  ( $R=0.93$ ),  $y_v$  : volume( $cm^3$ ),  $y_m$  : mass( $g$ ),  $x_1$  : perimeter( $cm$ ),  $x_2$  : area( $cm^2$ ),  $x_3$  : length of major axis( $cm$ ), respectively. The direction for aligning the red pepper in a machine processing was easily and perfectly recognized. The response time for the digital image processing has to be reduced for more efficient operation. HSI and YIQ values could be useful for recognizing the red pepper from background.

**Keywords :** Red pepper, Digital image, Roundness, Compactness, Processing)

### 1. 서 론

고추는 벼 다음으로 중요한 경계 작물로 그 재배면적은 1996년 기준으로 전체 채소류 재배 면적의 약 30%에 이르는 90,761 ha를 차지하고 있다(한국농업기계학회, 1997). 현재 국내에는 고추 생산단지를 중심으로 대규모 고춧가루 가공공장이 설치되어 운영되고 있는데, 그 처리량은 농협에서 운영중인 8개의 가공공장인 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 2,000 ton이며, 11개의 민간업체의 경

우 고춧가루 기준으로 환산하면 약 1,500톤으로 전체 생산량의 약 7%를 차지한다(농협중앙회, 1997). 고추의 품질규격과 관련하여 한국농산물품질관리원에서는 홍고추의 경우 고르기, 선택, 신선도, 가벼운 결점의 항목을 기준으로 특, 상 그리고 보통의 등급을 정하고 있으며, 길이는 대·중·소로 나누어 구분하고 있다. 그리고 포장도 규격화하고 있다. 그러나 고추의 선별과 판정은 거의 대부분 육안 판별에 의존하고 있는 실정이며, 고추가 우리 생활에서 차지하고 있는 비중이 벼 다음으로

This study was conducted by the research fund supported by the Agricultural R&D Promotion Center. This article was submitted for publication in March 2001, reviewed in April 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in May 2001. The authors are Young Bok Kim, Seung Kyu Lee, Sung Tae Kim, Woo Jung La, Professor, Dae Bin Song, Assistant Professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Inst. Agr. Res. Util., Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, Ho Jun Lee, engineer, KUKJE Machinery Co., LTD, Okchon-kun, Chungbuk, Korea. The corresponding author is Y. B. Kim, professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Inst. Agr. Res. Util., Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, Fax:+82-55-762-0610. E-mail: <youngkim@nongae.gsu.ac.kr>

큰 작물임에도 불구하고 그 물리적 성질과 형상 특성에 관하여 규명해 놓은 자료가 부족하여, 품질등급의 자동판정, 자동화처리과정에서의 수율의 예상, 고추꼭지 절단장치에서의 정열 등 고추 관련 기계제작을 하는데 어려움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하려면 기계시각과 같은 방법을 써서 영상정보의 분석을 통해 실제 고추의 무게나 체적과 같은 특성들을 예측할 수 있는가가 검토되어야 한다. 이와 관련한 주변 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

황 등(1996)은 건표고의 기하학적인 외형특성을 측정하여 등급을 자동으로 판정하고 선별하는 시스템에 관한 연구에서 전·후면의 인식에는 100% 인식율을 보였고, 꼭지부 인식의 경우에는 8방향 격자구조의 경우가 96.7%의 정확도를 보였다고 보고하였다. 이 등(1996)은 영상처리에 의한 식물체의 형상분석 연구에서 상추 및 고추를 대상으로 생장정도를 기술하기 위한 형상인자들을 구명하였으며, 영상처리를 이용하여 식물의 생장을 정량화할 수 있다고 하였다. 성 등(1998)은 오이의 기하학적 특징요소로서 단면적과 실중량과의 관계에 관한 연구에서 오이의 단면적과 실제무게와의 관계는 거의 오차 없이 일치하였지만, 감귤의 경우는 껍질 속에 공간이 있어 면적을 가지고 무게를 유추하는데 어려움이 있다고 하였다. 조 등(1999)은 상추 선별 자동화시스템 연구에서 기계시각을 이용, 중량예측모델에서 기하학적 특성과 색정보에서 결정계수 0.9317로 중량을 예측할 수 있다고 하였다. 이 등(2000)은 영상처리 장치를 이용하여 쪼갠 측면, 뒷면 영상을 측정한 후 이 영상들의 픽셀 수를 계산하여 이 값과 체중과의 관계를 회귀분석 방법을 이용하여 구하였다. 이 등(2000)은 기계시각과 인공신경망을 이용한 파란의 판별연구에서 약 86-88% 정도의 판별율을 보인다고 하였다.

본 연구에서는 기계시각을 사용하여 획득한 홍고추 영상의 색상정보를 분석하여 고추의 면적, 장축길이, 체적, 둘레를 해석하고 실제의 체적과 무게와의 관계를 분석하고자 하였으며, 색상정보를 이용하여 홍고추의 꼭지방향을 판별함으로써

품질등급의 자동판정, 수율의 예상과 같은 고추관련 기계장치의 대량정보처리의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험 장치 및 방법

#### (1) 실험장치

실험장치는 시료로부터 750 mm의 높이에 있는 코닥 DC280디지털 카메라(530,000 ~ 2,300,000화소)로부터 홍고추의 영상을 얻어 컴퓨터에서 Visual Basic 프로그램을 작성, 영상처리를 하여 얻고자 하는 정보를 출력하는 구조로 되어 있다. 일반적으로는 카메라와 Frame grabber를 사용한 영상처리 연구가 많이 진행되었으나 본 연구에서는 주위에서 쉽게 구할 수 있고 가격이 저렴한 디지털 카메라를 이용하여 필요한 영상처리를 할 수 있는가의 관점에서 디지털 카메라를 USB포트를 통해 컴퓨터로 연결하여 영상을 획득하고 영상처리 함으로서 그 실용성과 특성을 알아보려 하였다. 실험은 형광등이 16개 있는 실내에서 하였으며, 고추가 놓인 부분의 조도는 10회 측정하여 평균값을 구한 결과 52.6 lux로 나타났다. 조명으로부터의 영향을 고려하여 조명이 양쪽으로 대칭되게 배치를 하였다. 고추의 무게와 체적은 각각 전자저울과 메스실린더를 이용하여 계측하였다.

#### (2) 실험 및 분석 방법

영상처리과정에서는 우선 영상처리시스템의 영상획득과 영상처리시간을 알아보고, 규정의 색지를 이용하여 DC280 디지털 카메라의 특성을 거리, 조명, 색상별로 구분하여 평가하였다. 조명이 영상에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 형광등이 16개 있는 실내에서 형광등 이외의 조명을 주지 않은 상태로 바닥에 검은색 색지를 깔아 놓은 다음 그 위에 빨간색과 하얀색 가로 50 mm × 세로 50 mm의 색지와 하얀색 A4용지를 올려놓아 각 면적에 따른 화소수를 비교하였으며, 보색의 색상이 화소수의 측정에 영향을 미치는지 알아보

기 위해 17×25 cm의 녹색의 색지를 하얀색 바탕과 빨간색 바탕 위에 올려놓고 화소수를 측정하여 비교하였다. 그런 후 고추의 영상을 얻어 그에 대한 최대·최소값을 사용하여 문턱 값을 설정하였다. 설정된 문턱 값으로부터 영상의 왜곡을 보정한 다음 대상영상을 배경과 분리하여 원하는 특성을 구하여 출력하도록 하였다.

그리고 영상처리에 의해 홍고추의 꼭지 방향 판별가능성을 확인하였는데 이것은 고추 꼭지 제거기와 같은 기계적인 시스템에서 고추의 꼭지 방향을 일정한 방향으로 정렬하기 위해 필요한 과정이다. 즉, 고추 꼭지 제거기에서 고추의 꼭지 방향을 한 방향으로 보낼 수 있다면 더 효율적인 기계를 제작할 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 고추 꼭지의 방향 선별에서는 영상을 배경으로부터 분리시키지 않고 고추 과피의 문턱값을 가지는 화소가 고추의 중앙 단축으로부터 어느 쪽에 많이 분포하는가를 분석하여 판별하였다. 이는 연결코드나 이치화를 사용하지 않고 취득 영상으로부터 원하는 결과치를 직접적으로 출력함으로써 영상처리 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

고추의 무게는 전자저울로 계측하였는데 각 실험단계에서 전부 3회 측정하여 각 단계마다의 무게변화를 측정하였으나 그 차이는 무시할 수 있을 정도이었다. 고추의 영상체적은 영상정보의 실용성을 확인하기 위하여 두 가지 경우로 나누어 계산하였는데, 첫 번째의 방법은 고추를 위에서 촬영한 영상의 고추면적에 그 평균높이를 곱하여 구하였다. 그리고 두 번째의 방법은 위에서 촬영한 고추의 영상면적에 정면에서 촬영한 영상의 평균높이를 곱하여 구하였는데 이것은 연속 작업시 카메라 위치의 고정성, 고추 위치의 유동성을 고려한 것이다. 그리고 고추의 실제 체적은 고추를 물에 담가 늘어나는 부피로 계측하였는데 계측전후의 무게를 비교하여 가며 정밀측정이 되도록 하였다. 한편, 고추의 영상 면적을 A, 둘레를 S라고 할 때 형상인자로서 원형도는  $R=4 \times \pi \times A/S^2$ , 복잡도는  $C=S^2/A$ 의 식으로 계산하였다(조, 2000).

#### 나. 실험재료

Table 1 Specifications of red pepper for the experiment

Producing district	Jinju city Taegokmyon
Purchase date	2000. 8. 25
Variety	Nokkwang
No. of tested peppers	60
Average moisture content(%)	81.33

실험에 사용된 고추는 진주시 대곡면 일대에서 생산된 대과종에 속하는 녹광을 사용하였다. 시료 구입 후 측정 함수율은 81.33%로 나타났고, 시료는 크기별로 대·중·소 세 가지로 분류하여 각 20개씩 60개를 시료로 사용하였다. 상세한 조건은 표 1과 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 영상처리 시스템의 특성평가

컴퓨터에 읽어 들인 영상을 프로그램을 작성하여 해석하고 분석하는데 소요되는 시간은 대부분 1초 미만이었으나 디지털 카메라와 USB포트를 통해 컴퓨터로 영상을 획득하는 데에는 시간이 약 17초 가량 소요되었다. 이 문제를 해결하기 위해 Kodak DC280 Software Development Kit의 소스프로그램을 구하여(Kodak, 1999) 그것을 수정함으로써 영상획득시간을 단축하려 하였으나 결과는 예상만큼 만족스럽지 못하였던 바 그것은 영상이 카메라에 저장되었다가 컴퓨터로 들어오기 때문으로 판단되었다. 그러나 조만간 이 영상획득 시간이 획기적으로 단축된 디지털 카메라가 곧 출시될 것이라고 하며, 더불어 소스프로그램을 수정, 활용하면 영상획득시간의 문제는 많이 완화될 것으로 보인다.

한편, 조명이 영상정보에 미치는 영향은 밝을수록 명확한 정보를 얻을 수 있었으나 빛의 반사를 방지하거나 보정할 필요가 있는 것으로 나타났고, 본 연구에서는 고추의 윤곽을 이용하여 그 내부 화소수를 계산함으로써 면적을 계산하였다. 거리

의 영향은 근접촬영에 의해 해당 부분의 화소수가 늘어나 정보가 많을수록 정확한 것으로 나타났으나 너무 많은 정보량에 의해 실행시간이 길어지는 단점이 있다. 한편, 배경색과의 조화관계에서도 보색관계에 따라 약 0.6%까지의 화소수 차이를 나타내었다.

나. 영상면적과 실측무게·체적의 관계

영상면적과 실측무게·체적과의 관계는 영상정보를 통하여 실제의 무게·체적을 예상할 수 있는가를 판단하기 위해 분석하였다. 홍고추의 면적범위는 10.23~23.07 cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 실측 무게와 영상으로 측정된 몸통부분의 면적과의 관계를 분석해 보면, 고추의 무게는 가끔씩 속이 비어 있으면서 크기는 크다든지, 크기는 작지만 속이 꽉 차 있어 무게가 더 많이 나가는 경우가 있었지만 대부분 직선적 비례관계를 나타내었다. 그 회귀 관계식은 면적을 A라 할 때 무게는  $W=0.967 \times A - 1.336$ (상관계수 0.92)로 나타났다. 그리고, 홍고추의 실측체적범위는 10~35 cm<sup>3</sup>로 나타났으며, 영상면적과 실측체적과의 관계는 직선 회귀관계식  $V=1.544 \times A - 3.75$ (상관계수 0.94)로 나타나 영상면적이 커질수록 고추의 체적도 증가하는 것을 알 수 있다.

다. 실측체적과 실측무게와의 관계

실측체적과 실측무게의 관계는 고추의 내부충진율의 한 척도로서 많은 고추를 관리할 때에 그 무게를 통하여 체적이나 수량을 어느 정도 예측할 수 있을 것인가의 관점에서 분석하였다. 실측체적과 실측무게와의 관계는 그림 1과 같이 직선적 변화관계로 나타났는데 이를 회귀관계식으로 나타내면 실측체적  $V=1.495 \times W - 0.237$ (상관계수 0.96)로 되어 밀접한 관계를 나타내었다.

라. 영상체적과 실제체적의 비교

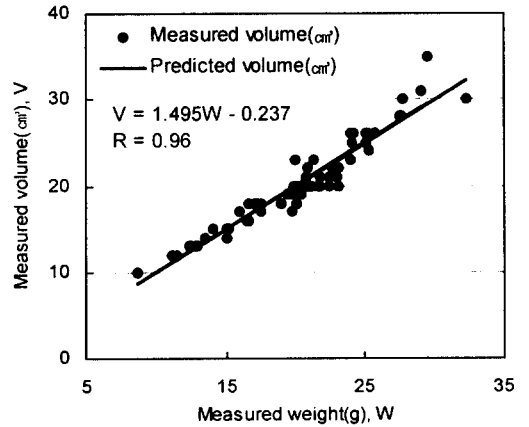


Fig. 1 Correlation of measured weight with measured volume of red peppers.

영상체적과 측정 체적의 비교는 영상정보를 통하여 실제의 고추 체적을 예측할 수 있을 것인가를 알아보기 위하여 실시하였다. 이때, 홍고추의 영상체적 계산은 두 가지 방법으로 하였는데, 첫 번째는 홍고추를 위에서 촬영한 하나의 영상으로 체적을 계산하는 것으로서 고추의 영상면적에 그 영상의 평균높이를 곱하여 계산하였고, 두 번째는 측면과 윗면의 두 가지 영상을 가지고 계산하였는데 윗면 고추 영상면적에 정면 영상의 평균높이를 곱하여 계산하였다. 이러한 방법은 연속 작업시 카메라 위치의 고정성, 고추 위치의 유동성을 고려한 것이다. 첫 번째 방법의 경우 그림 2와 같이 상관계수 약 0.91, 표준편차 약 2.24 cm<sup>3</sup> 정도의 관계로 나타났다. 두 번째 방법의 경우 이때는 관측수 26개이었으며, 그림 3과 같이 상관계수 약 0.98, 표준오차 약 1.32 cm<sup>3</sup>로 나타났다. 이것으로 보면, 위에서 촬영한 영상과 정면에서 촬영한 영상을 조합하여 체적을 계산한 두 번째 방법이 실측체적을 상당히 정확하게 예측할 수 있는 것으로 나타났다.

마. 체적과 무게의 예측

영상정보를 이용하여 고추의 체적을 예측하기 위하여 영상처리를 통하여 계산한 고추의 윤곽선

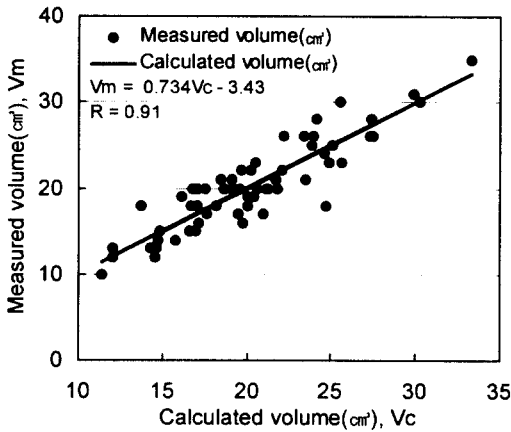


Fig. 2 Correlation of calculated volume with measured volume of red peppers in case of one side view image.

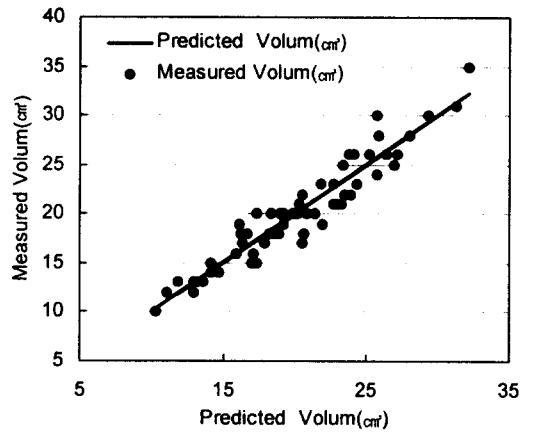


Fig. 4 Correlation of predicted volume with measured volume of red pepper.

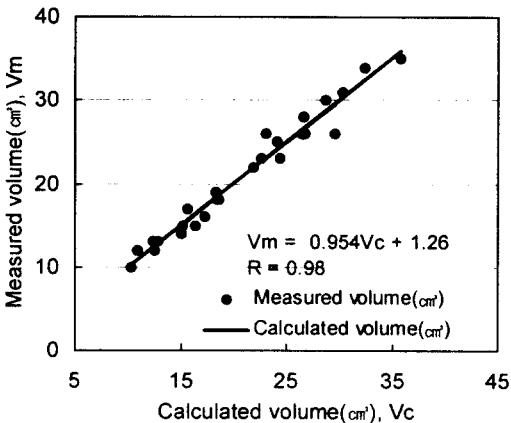


Fig. 3 Correlation of calculated volume with measured volume of red peppers in case of combining images of two sides views.

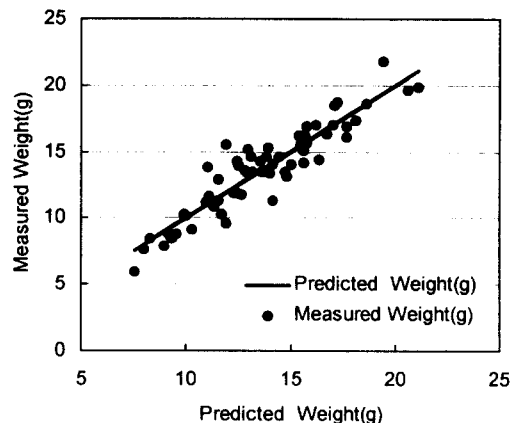


Fig. 5 Correlation of predicted weights with measured weights of peppers.

길이, 면적, 장축길이를 변수로 하여 영상 계산치를 가지고 회귀분석을 한 결과 아래 식 (1)과 같이 나타났으며, 무게에 관하여 회귀분석을 한 결과 식 (2)와 같이 나타났다. 세 가지의 변수를 가지고 회귀분석을 한 결과 체적 및 무게에 가장 영향을 많이 미치는 인자는 면적으로 나타났다. 그림 4와 5에는 식 (1)과 (2)에 의한 시료고추의 체적과 무게의 예측값과 실측값을 나타내고 있다.

$$y_v = 0.553x_1 + 1.441x_2 - 1.013x_3 \quad (R=0.9523, \text{표준오차 } 1.65) \quad (1)$$

$$y_m = 0.252x_1 + 0.938x_2 - 0.499x_3 - 1.5112 \quad (R=0.9264, \text{표준오차 } 1.30) \quad (2)$$

여기서  $y_v$  : 체적 ( $cm^3$ ),  $y_m$  : 무게 ( $g$ ),  $x_1$  : 윤곽선 길이 ( $cm$ ),  $x_2$  : 면적 ( $cm^2$ ),  $x_3$  : 장축길이 ( $cm$ )

바. 홍고추의 꼭지방향 선별

홍고추의 꼭지 판별 결과는 홍고추의 시료를 100개로 하여 선별을 한 결과 100개 모두 정확하게 꼭지의 방향을 판별할 수 있었고 그 영상처리 시간은 1초 미만이었다.

사. 홍고추 윤곽선 길이와 장축길이의 계산과 그 상관관계

홍고추의 장축길이는 그림 6에서 보는 바와 같이 수직방향의 각 화소(Pixel) 칼럼(Column)에서 홍고추로 인식된 최상위 좌표와 최하위 좌표 사이의 중심점들을 연결하여 구하였다. 홍고추 시료의 중심선의 길이는 6.57~13.98 cm 사이에 존재하였으며, 평균값은 10.65 cm로 나타났다. 윤곽선길이는 17.16~31.71 cm의 범위에 있었으며, 평균값은 23.58 cm로 나타났다. 그리고 고추의 영상처리된 윤곽선길이를 이용하여 장축길이를 계산하는 관계식은 식 (3)과 같이 분석되었다.

$$y_l = 0.4384x_1 + 0.314 \quad (R=0.9478) \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $y_l$  : 장축길이(cm),  $x_1$  : 윤곽선길이(cm)

아. 원형도 및 복잡도

· 원형도는 농산물의 원형정도를 나타내는데 정원형상일 때 그 값은 1이 된다. 본 연구에서의 시료의 경우 0.2~0.5정도이며, 그 평균값은 0.349로 나타났다. 이것은 홍고추의 형상이 전체적으로 볼 때 둥글지 않고 길쭉하다는 것을 잘 나타내고 있다. 복잡도는 극히 일부를 제외하고는 25~50 사이에 존재하였으며, 그 평균값은 37.1로 나타났다.

자. 색상값, 명도, 채도, 명암정보를 이용한 고추의 특징 분석 가능성

영상처리에서 홍고추를 다른 배경과 분리하여 정확히 인식할 수 있는 또다른 기준 값을 찾기 위하여 디지털카메라에 얻어진 영상을 약 만 개의 화소로 읽어 들여 그 각 화소에 대한 RGB, rgb, HSI, YIQ값들을 계산(농축산물 비파괴 품질 및 안

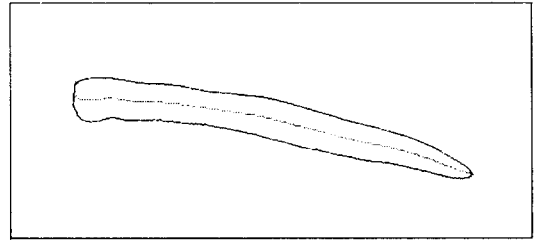


Fig. 6 Image of boundary line and center line of red pepper.

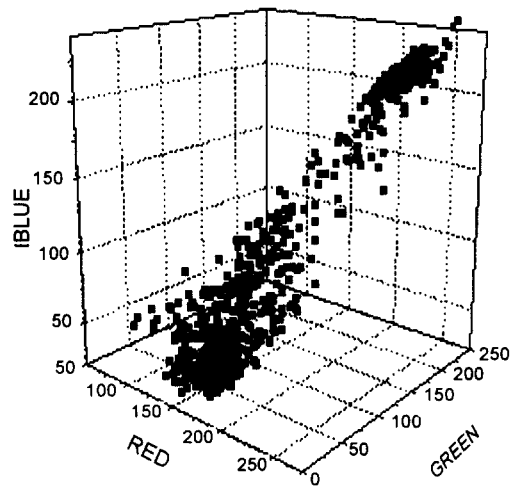


Fig. 7 Distribution of RGB values in the RGB coordinates.

전성 평가기술 연구센터, 2000)하여 그 분포를 비교 분석하였는데, rgb 좌표계를 제외한 모든 좌표계에서 고추의 인식 및 특징 분석이 가능한 것으로 나타났다. 예를 들면, 그림 7과 같이 RGB좌표계에 나타난 RGB의 값들을 살펴보면 좌측 하단 부분의 점들이 고추의 과피를 나타내는 화소의 색상값들을 나타내는 것인데 이러한 점들이 고추가 아닌 배경색상을 나타내는 우측상단의 점들과 명확히 분리되므로 이러한 RGB정보를 이용하면 고추를 인식하고 특징을 분석하는 것이 가능한 것으로 판단되는 것이다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 기계시각을 이용하여 홍고추의 형상과 물리적 특성을 분석하여 홍고추의 선별, 분석 등 대량 가공처리를 위한 관련 기계장치 제작에 필요한 기초자료로 제공하고자 하였다. 이를 위하여 홍고추의 면적, 장축길이, 체적, 윤곽선 길이를 영상처리로 해석한 다음 실제의 체적과 무게와의 관계를 비교 분석하고, 무게 및 체적 예측방정식을 만들었으며, 색상정보를 이용하여 홍고추의 꼭지방향을 판별하도록 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 홍고추의 실측 무게  $W$ 와 영상으로 측정된 몸통부분의 면적  $A$ 와의 관계는  $W=0.967 \times A - 1.336$ (상관계수 0.92)의 직선적 비례관계를 나타내었다. 그리고, 홍고추의 실측체적범위는  $10 \sim 35\text{cm}^3$ 로 나타났으며, 영상면적과 실측체적  $V$ 와의 관계는 직선 회귀관계식  $V=1.544 \times A - 3.75$ (상관계수 0.94)로 나타나 영상면적이 커질수록 고추의 체적도 증가하는 것을 알 수 있었다.

2) 홍고추의 실측체적과 실측무게는 직선적 회귀관계로서  $V=1.495 \times W - 0.237$ (상관계수 0.96)의 관계식으로 나타낼 수 있었으며, 서로 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

3) 홍고추 시료의 장축의 길이는  $6.57 \sim 13.98\text{cm}$  사이에 존재하였으며, 평균값은  $10.65\text{cm}$ 로 나타났다. 윤곽선길이는  $17.16 \sim 31.71\text{cm}$ 의 범위에 있었으며, 평균값은  $23.58\text{cm}$ 로 나타났다. 홍고추의 복잡도는 극히 일부를 제외하고는 25~50사이에 존재하였으며, 그 평균값은 37.1로 나타났다.

4) 회귀분석을 통한 홍고추의 무게 및 체적의 예측 방정식은 다음과 같이 나타났으며, 두 예측 방정식에 가장 영향을 크게 미치는 인자는 면적으로 나타났다. 체적( $y_v$ ) 예측방정식과 무게( $y_m$ ) 예측방정식은 다음과 같으며, 식에서  $x_1, x_2, x_3$ 은 각각 윤곽선 길이( $\text{cm}$ ), 면적( $\text{cm}^2$ ), 장축길이( $\text{cm}$ )를 나타내며, 체적과 무게의 단위는 각각  $\text{cm}^3, g$ 이다.

$$y_v = 0.553x_1 + 1.441x_2 - 1.013x_3 \quad (R=0.9523)$$

$$y_m = 0.252x_1 + 0.938x_2 - 0.499x_3 - 1.5112$$

$$(R=0.9264)$$

5) 홍고추의 꼭지 방향 선별은 100% 정확한 선별이 가능하였지만 기계적인 시스템에 적용하기 위해선 응답시간의 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

6) 고추의 인식 및 특성 분석을 위해서는 rgb좌표계를 제외한 HSI, YIQ 좌표계를 이용하는 것도 가능한 것으로 나타났다.

#### 참고 문헌

1. Cho. H. K. and H. K. Song. 2000. Extraction of geometric and color features in the tobacco-leaf by computer vision. J. of KSAM. Vol. 19(4). p380-396. (In Korean)
2. Cho, S. I., K. H. Ryu, D. J. Shin and S. J. Chang. 1999. Primary study on a lettuce grading system using machine vision. Proceedings of the KSAM 1999 winter conference. : 557-563. (In Korean)
3. Hwang H. and C. H. Lee. 1996. Development of automatic grading and sorting system for dry oak mushrooms. J. of KSAM. Vol. 21(4). pp414-421. (In Korean)
4. Kodak. 1999. Kodak DC200/DC210/DC240/DC 280 Software Development Kit and Library Reference Manual. Eastman Kodak Company.
5. Lee D. W., H. T. Kim, D. W. Kim, B. L. Min, D. Y. Choi, J. D. Han and H. S. Gang. 2000. A weighing system of a cow using image processing. KSAM 2000 winter conference. :623-629. (In Korean)
6. Lee J. W., S. H. Noh and K. H. Ryu. 1996. Analysis of plant shape by image processing. J. of KSAM. Vol. 21(3). p.315-324. (In Korean)
7. Lee, S. H., H. K. Cho and W. K. Choi. 2000. Detection surface cracks in eggshell by machine

- vision and artificial neural network. J. of the KSAM 25(5):409-414. (In Korean)
8. Sung, S. H., D. W. Lee and W. C. Jung. 1998. The relationship between the geometrical essential element(area) and practical weight of the cucumber. Proceedings of the KSAM 1998 summer conference. : 148-156. (In Korean)
  9. 농업기계연감. 1997. 한국농업기계학회. 한국농기계공업협동조합.
  10. 국립농산물품질관리원. 2001. 홈페이지 [http://www.naqs.go.kr/html/naqs005\\_02.html](http://www.naqs.go.kr/html/naqs005_02.html)
  11. 농축산물 비파괴 품질 및 안전성 평가기술 연구센터. 2000. 농축산물의 비파괴 품질 및 안전성 평가를 위한 신기술. pp. 1-68
  12. 농협중앙회. 1997. 가공사업추진 평가 보고자료