

# 기계시각을 이용한 고추 선별장치개발(I)

## Development of Sorting System for Red Pepper Using Machine Vision

조남홍*	양길모*	최규홍*	김기영*	홍종태*	이수희**	홍현유*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	
N.H.Cho	G.M.Yang	K.H.Choi	G.Y.Kim	J.T.Hong	S.H.Lee	H.Y.Hong

### 1. 서론

고추는 우리 식생활에서 아주 중요한 조미채소로 각종 양념류, 김치류, 고추장 등에 널리 사용되고 있어 우리 식생활에 없어서는 안 될 중요한 채소이다. 고추 재배면적은 우리나라 채소재배 면적 중 가장 많은 재배면적을 차지하고 있는 작물이다.

우리나라 고추재배면적은 현재 점차 감소하는 추세이다. 반면에 우리나라 고추의 소비량은 증가하고 있으며 전고추 기준 4.3kg에 이르고 있다. 이에 따라 최근 고추의 수입이 해마다 증가하고 있어 고품질생산과 획기적인 생산비절감이 되지 않는다면 고추수입은 계속 증가할 전망이다.

고추는 우리나라에서 아주 중요한 작목으로 국제경쟁력 향상이 시급한 채소이나 현재 고추농사는 대부분이 인력에 의존하므로 노력비가 전체생산비의 약 70%로 국제경쟁력이 열악한 상태다. 고추의 작업공정별 투하노동력은 수확작업에 연간 6~7회(80시간/10a)로 총 노동투하시간의 40%를 점유하고 있어 생산비절감을 위해서는 고추재배기계화가 시급한 실정이다. 따라서 우리나라 실정에 맞는 고추 수확 및 수확후 처리 일관작업체계 확립으로 생산비절감과 품질향상을 높여야 할 것이다. 이에 따라서 최근 일시수확형 고추가 개발되어 재배가 이루어지며, 이를 기계수확한 고추의 선별이 필요하여 고추선별기를 개발하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 기계 수확한 고추를 정선 한 후 홍고추와 청고추를 선별하는 장치를 개발하였다. 칼라영상처리를 이용한 고추선별기 개발 목적으로 본 시스템은 투영영상의 화소수를 이용한 크기와 색깔을 동시에 판정하는 프로그램 개발과, 선별정도를 분석하고 이를 기반으로 고추를 선별 할 수 있는 장치를 개발하고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시험재료

고추정선 및 선별시험을 위하여 일시수확형 고추 생력 211호와 생력 213호 고추의 크기, 굴곡, 무게 등 기하학적 특성을 조사하였다. 조사한 결과 생력 211호의 물성은 길이가 홍고추 50.5~95.5mm, 청고추 47.0~83.0mm, 굴곡은 홍고추 4.0~17.0mm, 청고추 2.0~20.0mm, 무게는 홍고추 4.8~12.0g, 청고추 2.8~11.5g 으로 나타났다. 생력 213호의 물성은 길이가 홍고추 54.5~92.0mm, 청고추 46.0~72.5mm, 굴곡은 홍고추 4.0~22.0mm, 청고추 3.0~17.0mm, 무게는 홍고추 2.2~6.3g, 청고추 2.3~5.9g 으로 일반고추에 비해 크기와 무게가 작은 것으로 나타났다.

\* 농촌진흥청 농업공학연구소

\*\* 생명과학기술

## 나. 영상처리 시스템 구성

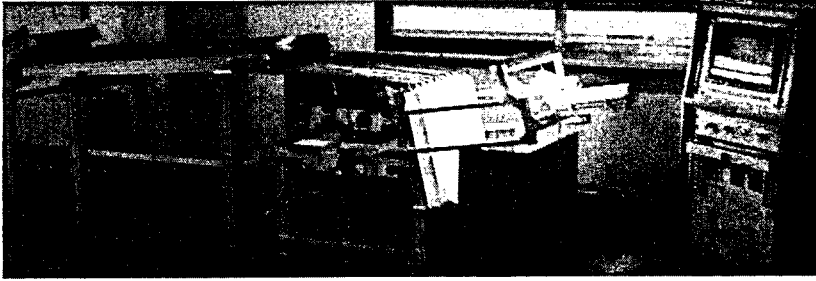


Fig.1. Schematic diagram of the image processing system

고추의 등급판정에 사용한 기계시각 장치는 고추의 영상을 획득하는 영상신호 입력부, 영상처리부 및 영상출력부로 구성된다. 입력장치는 Honeywell사의 NTSC Color CCD RGB카메라를 사용하였으며, 균일한 조명을 얻기 위해 조명장치를 카메라 좌우측에 2개 부착하였다. 획득 영상을 디지털영상으로 만들기 위하여 프레임그래버는 PCI BUS를 이용하는 Matrox사의 CRONOS를 사용하였다. 프레임그래버는 각종 함수의 모음(MIL-Lite 7.5)을 제공하고 있으며, 이를 이용하여 필요한 알고리즘을 개발할 수 있도록 되어있다. 그리고 영상처리용 컴퓨터는 펜티엄IV로 40GB의 하드디스크와 128MB의 RAM용량을 갖는 것을 사용하였으며, 영상 출력은 17" 칼라모니터를 사용하였다.

### 다. 고추 선별 알고리즘 및 프로그램 개발

고추의 등급을 판별하기 위해서는 고추의 정보에 대한 계측이 반드시 이루어져야 한다. 따라서 고추의 면적 측정의 기본 정보를 제공해 주는 윤곽선 추출이 이루어져야 하며 본 연구에서는 이를 위해 8방향 체인코딩 기법을 사용하였다. 추출된 윤곽선 정보를 이용하여 6개의 특징점을 결정하고 최종적으로 고추의 기하학적인 정보를 획득하기 위하여 영상 이진화, 선별의 순서로 이어지는 선별판정 알고리즘을 개발하였다.

#### 1) 영상 이진화

영상 이진화는 카메라로부터 입력된 다단계의 밝기분포를 가진 디지털 영상을 명도값으로 0 또는 255의 값을 가지는 검정색과 흰색 두 개의 값으로만 표현하는 기법으로 어느 해당 물체의 영상을 분석하고자 할 때 대상 물체의 영상을 효과적으로 분리하여 필요한 부분만을 추출하는데 많이 사용된다. 본 연구에서는 영상 이진화를 위해서 고추의 영상을 획득하여 원 영상의 히스토그램의 분포도를 관찰하고 풋고추의 세부특징을 효율적으로 추출하는 알고리즘을 개발하였다. 고추의 영상을 얻은 다음 Red 채널의 명도값 히스토그램을 통해 임계값을 찾아내어 이진화를 하였다. 그림 2에서처럼 히스토그램의 분포가 100~150 구간과 150~230 구간으로 2 구간에 걸쳐서 분포하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 특징을 이용하여 문턱값을 150으로 설정하여 영상을 이진화 하였고 그 결과는 그림 3과 같다.

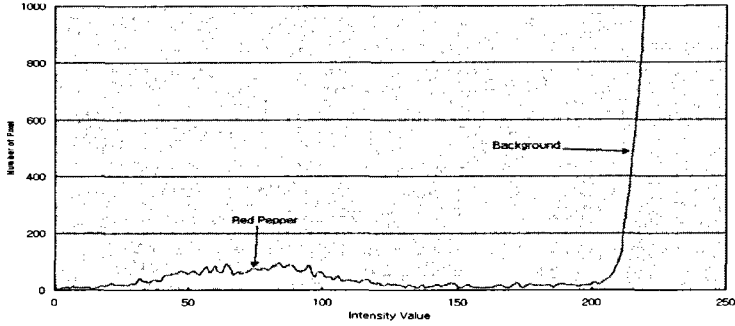
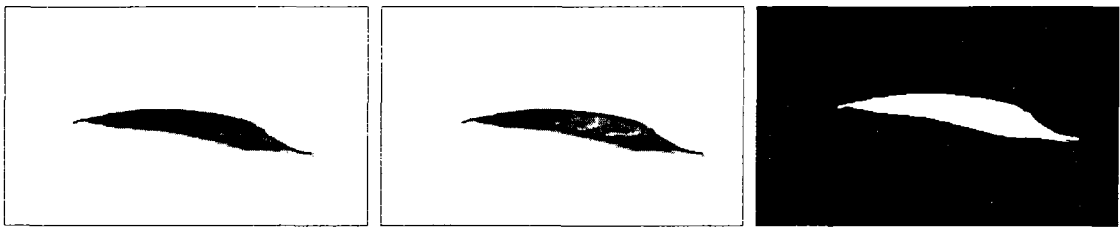


Fig. 2 Histogram of typical red pepper image.



(a)Color image of red pepper (b) Red channel of the pepper image (c) Binary image

Fig. 3 Raw image and the binary image after thresholding.

## 2) 고추선별 영상처리 알고리즘 개발

고추선별을 위하여 먼저 CCD 카메라를 통해서 고추의 영상을 얻었고, 이 영상의 가장자리의 시작점을 찾았다. 고추 영상의 윤곽선을 추출하기 위해 Red 채널에서 문턱값 150을 사용하여 배경과 고추를 분리하였고, 8 방향 체인 코딩을 사용하였다. 프로그램 개발환경은 windows 2000(Microsoft사), 개발언어는 visual C++이고, 주요기능은 on-line/off-line 선별모드, 측정 데이터화면 출력, 소요시간 출력, 수동 문턱 값 설정 기능 등이 있다. 선별 알고리즘은 카메라에서 고추의 영상을 획득하면, 고추와 배경 분리를 위한 문턱 값 설정을 한다. 다음으로 영상의 이치화와 고추의 체인코딩을 통하여 개체의 면적을 계산한 후 고추의 색상분포인 착색도 계산을 한다. 마지막으로 착색도 계산에서 청고추로 인식되면 솔레노이드 밸브에 배출신호를 보내어 공기를 분사하여 고추를 선별한다. 선별 결과에 따라서 제어장치를 조정할 수 있도록 되어 있으며, 그 순서도는 그림 4와 같다.

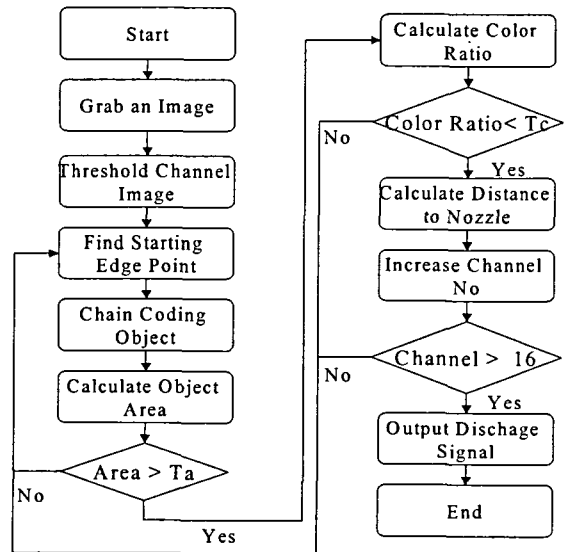
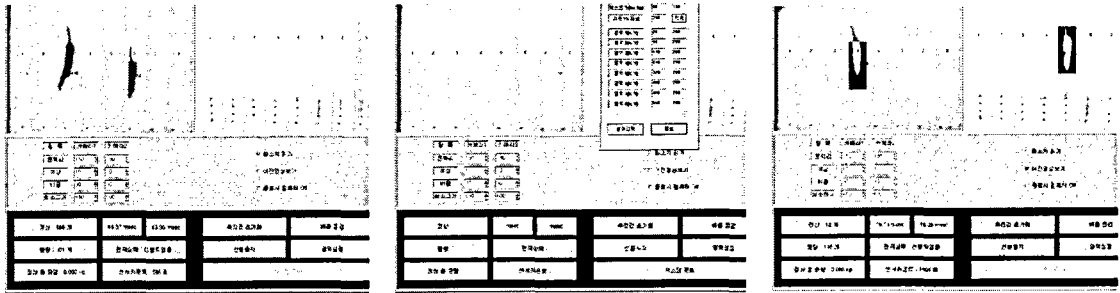


Fig. 4 Flow chart for red pepper algorithm

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 등급판정

다량의 고추를 선별하기 위해서 총 16채널의 낙하 채널을 구성하고 각 채널별로 배출이 가능하도록 선별 알고리즘을 개발하였다. 먼저 낙하상태의 고추 영상을 획득하면 영상 이치화를 통해서 채널별로 고추가 있는지 유무를 판단하였다. 이 때 고추의 크기는 사용자 인터페이스를 통해서 입력받도록 하였으며 본 실험에서는 면적 500 화소 이상을 고추로 인식하였다.



(a) Region of interest setting

(b) Binary image

Fig. 5 Red pepper sorting process software

개체를 인식하면 각 개체에 대한 착색도를 계산하였고 착색비율이 40% 이하이면 홍고추가 아닌 것으로 판단하고 하단 배출단에서 솔레노이드를 작동하여 배출되도록 하였다. 이와 같은 인식과정은 각 채널별로 수행하고 총 16채널 분석이 완료되면 처음으로 돌아가서 영상을 획득하도록 하였다. 각 채널별로 영상 분석 영역을 설정해야 하므로 그림 5와 같이 카메라 및 채널별로 영역을 설정할 수 있도록 했으며 선별 과정 중에서도 변동이 가능하도록 하였다. 그림 5(b)는 낙하 상태의 고추를 이진화한 것으로 배경과 물체의 분리가 뚜렷함을 확인할 수 있었다.

#### 나. 선별시험

선별기의 선별정확도를 측정하기 위하여 선별부에 홍고추와 청고추를 수동으로 공급하면서 선별율을 조사하였다. 또 한 방법은 공급속도별로 홍고추와 청고추의 선별정확도를 측정하였다. 이때 컨베이어의 공급주속도는 0.005m/s, 0.011m/s, 0.017m/s 3수준으로 시험을 하였다. 이때 고추는 컨베이어에서 자동공급장치인 리니어피더에 공급되어 개체화되어 선별부 각 라인 별로 공급 선별하도록 하였다.

- 1) 선별예비시험을 공급부 8개조에 수동으로 하나씩 공급하면서 시험해본 결과 홍고추에서는 98%, 청고추에서는 90%로 나타났다.
- 2) 주속도별 성능검정시험 결과 주속도 변화를 0.005 m/s 에서부터 0.017 m/s까지 주어 시험한 결과 청고추는 85~90%, 홍고추는 90~95%의 선별율을 보였다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 일시수확한 고추의 노력절감 및 품질향상을 위하여 고추 선별시스템 개발을 최종 목적으로 기계시각을 이용하여 고추를 선별할 수 있는 선별알고리즘을 개발하였다. RGB 카메라와 삼파장 형광등을 이용하여 기계시각 시스템을 구축하였으며 공급, 선별, 배출 일관 작업형으로 구성하여 연구한 주요 결과는 다음과 같다.

- 가. 고추를 선별하기 위하여 프로그램 개발 환경은 Windows 2000, 사용한 언어는 visual C++이고 주요기능은 개발 방식은 on-line/off-line 선별모드, 측정 데이터 화면 출력, 문턱 값 설정하여 배경과 고추를 분리하는 기능 등이 있다.
- 나. 공급부는 Linear feeder를 사용하여 선별라인은 8개조로 구성되어 있다. 배출은 솔레노이드를 작동시켜 에어노즐로 공기를 분사하여 홍고추와 청고추를 선별하는 구조이다. 주속도별 성능검정시험 결과 주속도가 0.005 m/s 에서부터 0.017 m/s까지 변화했을 때 청고추는 85~90%, 홍고추는 90~95%의 선별률을 나타냈다.

#### 5. 참고문헌

1. 김동억. 2005. 기계시각을 이용한 박과채소 종자의 자동정렬 파종시스템 개발. 충북대학교 박사학위 논문.
2. 김영복 외 5인. 2001. 기계시각을 이용한 홍고추의 기하학적 및 물리적 특성 분석. 한국농업기계학회지 26(3) : 287 - 294.
3. 김태연. 1997. 진동특성을 이용한 고추원료 공급장치 개발. 서울대학교 석사학위 논문.
4. 서상룡 외 4인. 1992. 컬러컴퓨터 시각과 육안에 의한 사과 색깔 식별. 한국농업기계학회지 17(2) : 123 - 131.
5. 손재룡. 1995. 영상처리식 사과선별기 개발. 경북대학교 석사학위 논문집.
6. 조남홍. 2005. 풋고추 자동선별시스템 개발. 충남대학교 박사학위 논문.
7. 홍종태, 조남홍 등. 2006. 일시수확형 고추 수확 및 수확 후 고품질 가공기술 개발. 농촌진흥청 연구보고서.