

영상처리를 이용한 부정형 농산물의 자동선별시스템

Automatic Grader for Indeterminate Form of Agricultural Product Using Image Processing

양길모*
정희원
G. M. Yang

최규홍*
정희원
K. H. Choi

조남홍*
정희원
N. H. Cho

박종률*
정희원
J. R. Park

1. 서론

농산물의 수확 후 처리 기술의 중요성은 고품질, 고부가가치 농산물 생산을 위해 그 어느 때 보다 크게 대두되고 있다. 각 농산물주산지별로 농산물산지유통센터가 정부의 적극적인 지원 아래 확대되고 있고, 저장, 공급, 세척, 건조, 선별, 포장, 출하에 이르기까지 일괄처리 할 수 있는 대단위 시스템이 개발 보급되고 있는 실정이다.

이들 작업중 선별은 포장작업과 더불어 제품의 품위향상, 부가가치 증대에 중요한 역할을 한다. 같은 농작지에서 재배된 같은 품종의 농산물이라 하더라도 크기, 무게, 모양, 손상, 색택 또는 당함량에 따라 잘 선별된 농산물이 시장에서 높은 가격에 거래되며 소비자 만족도도 높다.

중전까지는 중량이나 크기선별이 대부분이었지만, 최근에는 영상처리 선별 기술 및 비파괴 선별 기술이 국내에 보급되기 시작하였다. 특히, 영상처리 선별기술은 부정형 농산물의 형상, 손상, 색택 등을 정밀하게 선별하는데 유용한 기술이다. 고구마, 감자, 오이, 파프리카 등과 같은 부정형 농산물은 중량은 같지만 형상이나 색깔이 다른 경우가 많기 때문에 사람이 육안으로 일일이 선별을 해 주어야 하는 문제점이 있고 사람의 주관과 피로도 등에 따라 선별기준이 다르며 많은 노동력이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 이 같은 현안을 해소하고자 영상처리를 이용하여 부정형 농산물을 자동으로 선별할 수 있는 선별시스템을 개발하여 대표적인 부정형 농산물인 고구마를 대상으로 실험을 하여 그 성능을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

가. 기하학적 특성 조사

대표적인 부정형 농산물인 고구마를 대상으로 기하학적인 특성을 구명하였다. 고구마는 형상이 매우 다양하고 무게의 변화도 크기 때문에 전적으로 인력에 의존하여 7등급으로 선별되어 출하되고 있다. 표 1은 해남산 고구마인 '수' 품종을 대상으로 기하학적인 특성을 조사한 데이터이다. '왕' 또는 '대'에 해당하는 고구마는 크기와 무게가 큰 고구마이고 '긴특'과 '특'은 무게는 비슷하면서 길이가 긴 고구마를 '긴특', 짧은 고구마를 '특'으로 그리고 '긴상'

* 농촌진흥청 농업공학연구소

과 '상'은 무게는 긴특이나 특보다 작으면서 길이가 긴 쪽을 '긴상', 짧은 쪽을 '상' 이라고 부른다. 그 외 등급은 무게에 따라 '중', '하' 등급으로 나뉘어진다. 그림 1은 고구마의 등급별 기본 형상을 나타낸 것이다.

고구마의 기하학적인 특성중 표 1에서처럼 무게나 길이 인자로는 등급별로 겹치기 때문에 이것만 가지고는 선별을 명확하게 할 수 없음을 알 수 있다. 그러나 길이/장경을 보면 긴특과 긴상이 비슷한 수치를 나타내는 것을 알 수 있다. 즉, 길이/장경 그리고 무게의 조합으로 긴특과 긴상 그리고 특과 상을 구분 지을 수 있음을 알 수 있다. 이 같은 특성을 이용하여 고구마의 기본적인 등급기준을 수립하였다.

표 1. Datum point for grading(sweet potato)

Items	Very large	Long large	Round large	Long small	Round small	Small
Length(mm)	over 135	125~210	100~168	120~170	65~130	under 64
Diameter(mm)	over 56	35~55	45~65	25~45	35~55	under 34
Length/Diameter	2.50	4.05	2.45	3.98	2.48	2.68
Weight(g)	over 281	135~280	125~235	60~150	40~125	under 39

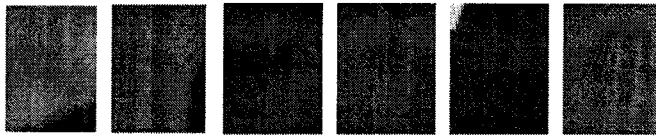


Fig. 1. Features by grade(sweet potato)

나. 시작기 개발

시작기는 그림2와 같이 공급부, 영상획득부, 무게측정부, 영상처리 및 제어부, 등급별 배출부, 상자담기로 되어있다. 공급부에서는 브러쉬 롤러에 의해 낱개공급을 하고 회전형 고무롤러에 의해 회전하면서 이송이 되도록 하였다. 영상획득부는 그림 3에서처럼 빛을 조사할 수 있는 챔버와 CCD 카메라를 두고 고무롤 컨베이어를 지나가는 농산물의 영상을 실시간으로 획득할 수 있도록 하였다. 하나의 시료당 3번의 연속 촬영을 하여 전체영상을 획득하였다. 무게측정부에서는 로드셀을 이용하여 무게를 측정하고 영상처리 및 제어부에서는 농산물의 무게, 형상, 휨, 손상을 계산하고 이들의 조합에 의해 등급판정을 내린다. 등급별 배출부에서는 하부낙하 방식의 슬라이드 컵에 의해 아래로 배출을 하며 컨베이어 벨트에 의해 상자에 자동으로 담겨지도록 설계를 하였다.

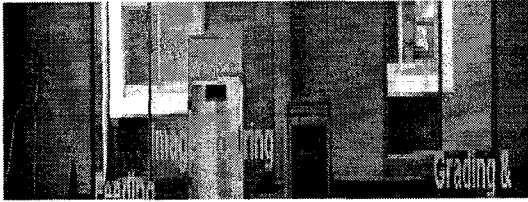


Fig. 2. Prototype

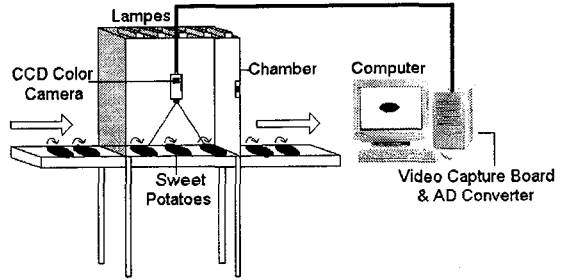


Fig. 3. The schematic diagram of image processing system

다. 영상처리 알고리즘

그림 4에서처럼 부정형 농산물의 형상 및 휨 정도를 판정하기 위해 우선 영상을 획득하고 이치화한 다음 농산물의 양끝단과 픽셀의 무게중심점을 찾아서 양끝단에서 중심점까지의 거리를 각각 L_a 와 L_b 로 정의하고 양끝단을 잇는 선분을 L_c 로 정의하였다. 형상은 길이 대 장경비($(L_a+L_b)/D$)로 휨은 $\angle B$ 로 정의하였다. 손상은 손상된 부위의 픽셀값을 사용자가 허용기준치를 두어서 손상을 판정할 수 있도록 하였다.

구체적인 알고리즘을 보면 그림 5와 같이 영상을 획득하여 이치화한 후에 길이, 장경, 휨, 무게, 길이/장경, 손상을 측정하고 사용자에게 입력된 등급별 설정값과 측정값을 비교한다. 먼저 손상과 휨을 설정값과 비교하여 기준이하이면 등외로 판정을 내린다. 다음으로 등급별 무게를 설정값과 비교하고 해당 등급으로 보낸 후 마지막으로 길이/장경비를 비교하여 최종적으로 7등급 선별을 하도록 알고리즘을 구성하였다.

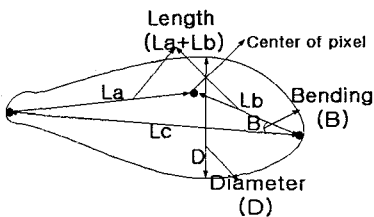


Fig. 4. Morphology feature of sweet potato

- Shape : $(L_a+L_b)/D$
- Bending : $\angle B$

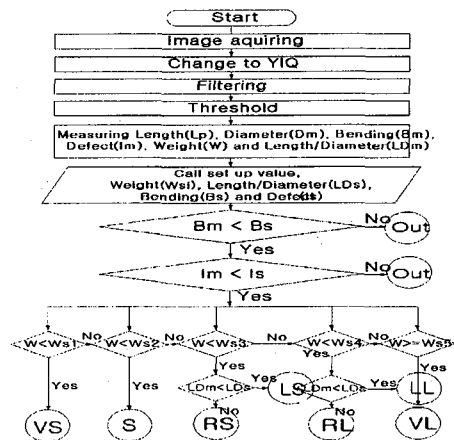


Fig. 5. Flow chart for grade judgment

라. 실험방법

(1) 공시재료

선별시험에 사용된 공시재료는 2004년 9월 고구마 '수' 품종과 '울미' 품종이다.

(2) 실험방법

고구마의 기하학적 특성을 규명하기 위해 유통시장에서 인력에 의해 선별된 고구마를 구입하여 등급별로 길이, 장경, 단경, 무게를 측정하였다. 선별등급은 6등급으로 정의하고 무작위로 섞인 고구마 각각 50개씩을 등급별로 5회 반복 실험하여 시간당 작업성능과 선별정밀도, 손상률, 표준오차를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 영상처리를 이용한 무게예측 수학적 모델 개발

공시재료로 사용한 고구마의 무게를 영상처리를 이용하여 예측할 수 있는 수학적 모델을 개발하였다. 고구마의 무게와 픽셀수간의 상관정도는 그림 6에서처럼 0.95로 높게 나타나 영상처리만 가지고 무게를 예측할 수 있음을 보였다. 그러나 농산물은 수확 후 유통기간 동안 과체의 감모율 증가로 그때마다 상수값을 변경하여 사용해야 하는 문제점이 있기 때문에 로드셀을 이용하여 무게를 측정할 수 있도록 시스템을 설계하는 것이 합리적이라고 사료된다.

$$W = 6.75210^{-5}S^{1.58}$$

W: weight, S: pixel
 $R^2 = 0.95$

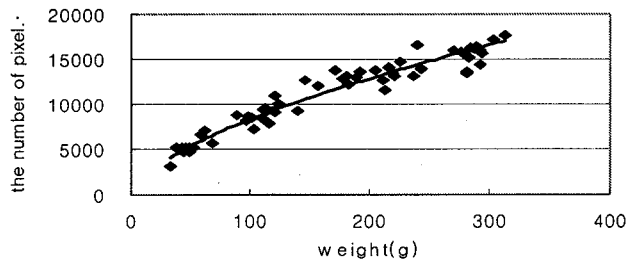


Fig. 6. Prediction of weight using image processing

나. 시작기 성능시험

시작기의 성능시험을 5회 반복한 결과 표 2에서처럼 시간당 최대 작업성능은 10,800개였으며 선별정밀도는 96.4%로 양호한 실험결과를 가져왔다. 이때 주속도는 0.38m/s 였으며 무게측정 정밀도는 ±4g, 작업중 손상은 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Performance results of prototype

unit : %, () : Standard Deviation

Items	1	2	3	4	5	Average
Very large	93.33 (1.33)	96.67 (0.33)	100.00 (2.00)	90.00 (3.00)	100.00 (2.00)	96.0
Long large	93.33 (1.33)	100.00 (2.00)	93.33 (1.33)	96.67 (0.33)	96.67 (0.33)	96.0
Round larg	93.33 (1.67)	96.67 (0.00)	96.67 (0.00)	100.00 (1.67)	96.67 (0.00)	96.8
Long small	93.33 (2.00)	96.67 (0.33)	96.67 (0.33)	100.00 (1.33)	100.00 (1.33)	97.3
Round mall	100.00 (1.33)	100.00 (1.33)	96.67 (0.33)	90.00 (3.67)	100.00 (1.33)	97.3
Small	96.67 (0.67)	96.67 (0.67)	93.33 (1.00)	93.33 (1.00)	96.67 (0.67)	95.3
Average						96.4

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 부정형 농산물의 무게, 형상, 휨, 손상을 영상처리를 이용하여 정밀하게 선별할 수 있는 시스템을 개발하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 대표적인 부정형 농산물인 고구마를 각 등급별로 구입을 하여 길이, 장경, 단경, 무게를 측정하여 기하학적 특성을 분석하여 등급판정 할 수 있는 인자를 찾았다.
- 2) 형상은 길이/장경비로, 휨은 굽은 정도, 손상은 픽셀값으로, 무게는 로드셀을 이용하여 각각 측정할 수 있도록 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 그리고 농산물의 전체 영상을 획득하기 위해 회전하며 이송할 수 있도록 시스템을 설계하였다.
- 3) 부정형 농산물을 위한 영상처리시스템은 공급부, 영상획득부, 무게측정부, 영상처리 및 제어부, 등급별 배출부, 자동 상자담기로 일괄처리할 수 있도록 개발되었다. 크기는 길이 9,663mm, 폭 1,006mm, 높이 799mm이며 시간당 작업성능은 10,800개, 선별정밀도는 96.4%로 양호한 성능을 보였다.

6. 참고문헌

1. Fumihiko Tanaka, K. Morita, M. Nishida and T. Sugawara. 2003. Grading and sorting of sweet potato using machine vision. An ASAE Meeting Presentation. Paper number : 036127
2. Throop, J. A. and W. C. Anger. 2003. Conveyor design for apple orientation. An ASAE Meeting Presentation. Paper number : 036127
3. Lee, S. H. 2000. Machine vision system for on-line extraction and quantification of appearance quality factors of apple. Paper for Ph.D.
4. Nakano, K. and K. Takizawa. 1997. Studies on sorting systems for fruits and vegetables, part 2. Development of whole image data collecting system and detection of injured apples. J. Soc. Agr. Structures, Jap. 28(1), 13-20.