

기계시각을 이용한 양파의 선별 알고리즘 개발

Sorting Algorithm of Onion Using Machine Vision

윤은택* 노상하*

정희원

E.T. Yoon S.H. Noh

1. 서론

양파의 선별은 인력에 의존하거나, 1차적으로 결점등을 인력으로 선별한 후에, 2차로 기계식 형상 선별기에 의해 크기선별이 이루어지고 있다. 1차 선별에서는 주로 결점의 정도에 따라 부패, 변색, 흠집, 정상으로 나뉘어 진다. 부패와 변색의 경우 육안에 의한 판별이 가능하지만 멍든 부위는 외관상 색의 차이가 없기 때문에 색에 의한 선별이 불가능하여 선별자의 감촉에 의해 판별이 이루어지고 있다. 이러한 선별 작업은 주관적인 판단에 의존하므로 일관적인 상품성 유지의 곤란과 인건비 지출문제와 더불어 선별 과정의 이분화로 인한 선별 후 배출 등의 중복작업이 생기게 된다.

본 연구는 기계 시각을 이용하여 양파의 직경을 측정하기 위한 알고리즘을 제시하고, 결점에 대한 광학적 특성을 분석하여 판별에 유의한 파장을 결정하고, 이를 이용하여 양파의 상태에 따라 결점을 판별하기 위한 알고리즘을 개발할 목적으로 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 재료

시료는 크기선별의 경우 정상과를 대상으로 하여 시중에서 판매되는 양파를 사용하며 양파의 형태, 즉 편평형과 편구형에 따라 각기 그 크기 기준이 달라지므로 형태별로 분류하여 실험하였다. 양파의 형태에 따른 크기 판정 기준은 표 4.1과 같다. 결점 선별의 경우에는 인력 선별에 의해 선별되는 양파를 사용하였으며, 건전, 멍, 변색, 부패의 4등급으로 분류하였다.

Table. 1. Diameter criteria for sizing onion by shape.

Class Shape	Biggest	Big	Medium	Small
Oblate	bigger than 10cm	8~10cm	6~8cm	less than 6cm
Sphere	bigger than 9cm	7~9cm	5~7cm	less than 5cm

* 서울대학교 생물자원공학부

나. 양파의 분광학적 특성 측정.

400~1100nm범위에서 분광 반사 특성을 측정하여, 마할라노비스 거리(Mahalonobis Distance)를 이용한 판별 기준값을 사용하여 양파의 결점의 판별에 유의한 파장을 선택하였으며 이를 기초로 근적외선 영역(700~1100nm)에서의 대역 통과 필터(Bandpass filter)를 선정하였다.

다. 기계 시각 장치

(1) 정지 영상용 기계 시각 장치

영상 입력 장치는 흑백 CCD 카메라(Model Pulnix TM-545, IT. Inc. USA : MC5465), 영상 처리부는 DT3155(Data Translation Inc., USA)보드를 사용하였다. 주 컴퓨터는 IBM PC(P-120MHz) 기종을 사용하였다. 결점을 선별하기 위한 기계 시각 장치는 양파의 결점질의 색이나 이물질의 영향을 최소화하고 시각적으로 드러나지 않는 결점을 검출하기 위해 카메라에 근적외선 필터를 장착하여 영상을 획득하는 것으로 나머지 부분은 흑백 영상처리장치와 동일하다.

(2) 실시간 직경 측정용 기계 시각 장치

영상 입력 장치는 흑백 CCD카메라(Model CS8320B, Dokyō Electronics, Japan)로 셔터의 속도 조절이 가능하며, 속도를 1/250초로 설정하였다. 영상 처리부는 FlashBus MV-PRO(Integraltec, USA)를 사용하였다.

라. 실험 방법 및 내용

(1) 크기 측정

양파의 경우 실제 크기 판정에서 시료대가 없는 상태로 투입되어 양파의 자세가 일정하지 않기 때문에 자세의 영향을 파악해야 한다. 소량의 시료에 대해 여러 자세의 영상을 획득하고 실제 크기와의 차이를 실험하고, 또한 다양한 크기를 갖는 시료에 대해서 편평형은 전면과 후면, 편구형은 45°, 90°, 120°의 기울어진 자세의 영상을 획득하였다. 실시간으로 직경 측정 알고리즘의 정확도를 평가하기 위해 동작하고 있는 컨베이어 벨트에 양파 시료를 임의의 상태로 공급시키면서 영상을 획득하였다. 컨베이어 벨트의 속도는 초당 3개의 양파를 측정하도록 30cm/s로 설정하였다. 그림 1은 양파의 직경 측정 과정을 순서도로 나타낸 것이다.

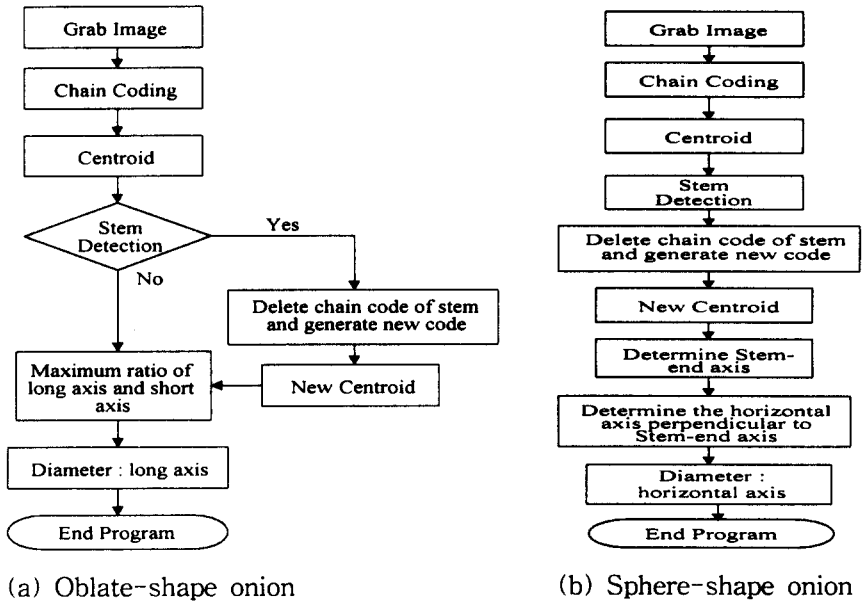


Fig. 1. Flow chart of computing diameter of onion.

(2) 결점 판별

영상 획득 시, 결점, 변색, 부패 양파는 각 증상에 해당하는 부위의 영상이 획득 되도록 자세를 조정하였다. 획득된 영상에 대해 양파의 각 상태별로 20×20pixel의 사각 영역을 설정하여 그 영역 내의 화소들에 대한 평균 화소치(grey-level)를 계산하고 각 결점의 증상을 판별하기 위한 화소치를 결정하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰.

가. 양파의 분광학적 특성

양파의 각 상태별 흡광 스펙트럼과 판별 기준값은 그림 2에서와 같다. 750~900nm에서 안정적인 판별 기준값을 갖는 것을 볼 수 있다.

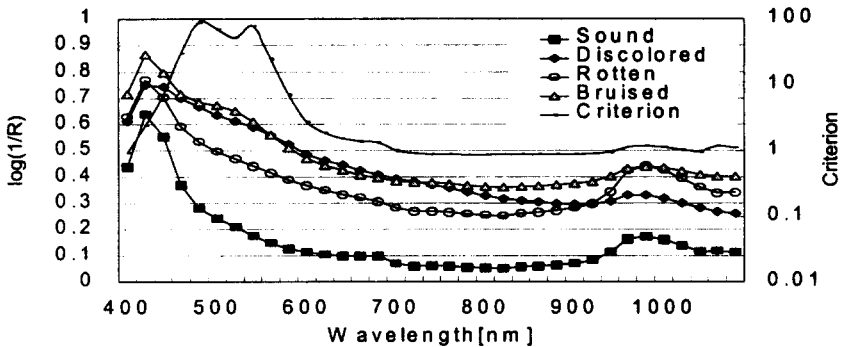


Fig. 2. Absorption spectra of Sound and each defective onions, and criterion values at each wavelength to discriminate onion samples.

나. 직경 측정.

영상 입력부에서 설정된 측도는 정지 상태에서 가로 0.545mm/pixel, 세로 0.5454mm/pixel, 실시간 상태에서는 가로 0.5182mm/pixel, 세로 0.5182mm/pixel 이었다.

1. 정지 상태의 직경 측정

자세 변화의 영향을 조사하기 위해 편평형 4개와 편구형 6개의 시료에 대해 각각 6개의 서로 다른 자세로 놓고 직경을 측정하여 실제 직경과 비교하였다. 편구형은 최대 오차가 3.40mm, 표준오차가 1.35mm로 나타났고 편평형은 최대 오차가 2.15mm, 표준오차가 1.25mm로 나타났다. 편평형 36개의 시료에 대한 전면과 후면 영상, 그리고 편구형 28개의 시료의 45°, 90°, 120°의 세가지 자세의 영상을 획득하여, 정지 상태에서의 알고리즘을 검증한 결과 각각의 자세와 형상에 따라서 표준 편차가 1.31~1.96mm로 나타났고, 최대 오차는 3~5.3mm로 나타났다. 그림 3과 4는 각 양파의 자세별로 실제 직경과 계산된 직경을 산점도로 나타낸 것이다.

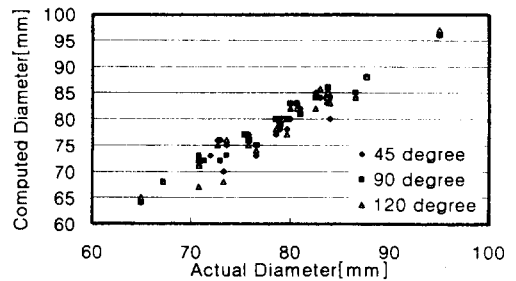
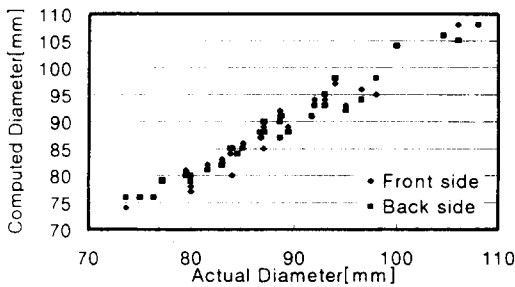


Fig. 3. Actual vs computed dia. of oblate-shape onions at different poses.

Fig. 4. Actual vs computed dia. of sphere-shape onions at different poses.

2. 실시간 영상의 직경 측정

편구형 71개와 편평형 72개의 시료에 대해서 크기 측정 실험을 한 결과 편구형은 표준 오차가 1.73mm, 최대 오차가 4.145mm로 나타났고, 편평형은 표준 오차가 1.47mm, 최대 오차는 3.84mm로 나타났다. 또한 등급 판정 결과 편평형은 97.2%의 정확도를, 편구형은 94.4%의 정확도를 나타냈다. 그림 5와 6은 실제 직경과 계산된 직경과의 산점도이다.

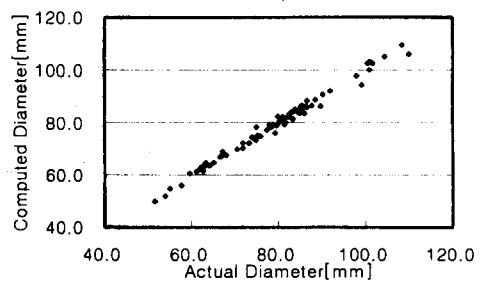
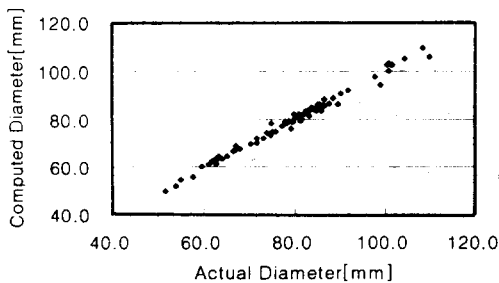


Fig. 5. Actual vs computed dia. of sphere-shape onions.

Fig. 6. Actual vs computed dia. of oblate-shape onions.

다. 결점 분석.

양파의 분광 반사도 분석 결과를 바탕으로 850nm에서 피크파장을 갖고 $\pm 50\text{nm}$ 의 유효밴드폭을 갖는 필터를 선정하였다. 그림 5-7은 850nm에서 양파의 상태별 화소치 값의 분포를 나타낸 것이다. 건전과 부패의 경우 화소치 120을 기준으로 선별의 가능성이 보이고 있으나 멍은 건전과 비슷한 밝기 수준을 가지고 있는 것으로 나타났고 변색은 화소치 값에 많은 중첩 부분이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 변색과 멍의 경우 필터를 사용한 영상 처리 시스템으로는 판별이 불가능할 것으로 판단된다.

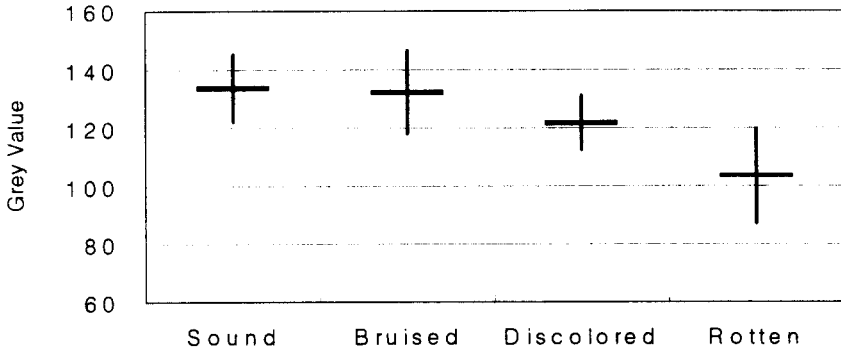


Fig. 7. Mean $\pm 2\delta$ grey value rranges of the sound, bruised, dicolored and rotten parts of onion images captured with 850nm-band pass filter

4. 요약 및 결론.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 양파의 직경을 측정하는 알고리즘을 개발하여, 정지영상에서의 직경을 계산한 결과 편평형은 표준오차가 1.75mm, 최대오차가 4mm로 나타났고, 편구형은 표준오차가 2.93mm, 최대오차가 5.3mm로 나타났다. 실시간으로 획득한 영상의 직경을 계산한 결과편평형은 표준 오차가 1.47mm, 최대 오차는 3.84mm로 나타났고, 편구형은 표준 오차가 1.73mm, 최대 오차가 4.145mm로 나타났다.

2. 양파의 건전 부위와 멍든 부위는 800~900nm파장대역에서 반사율에 차이가 있었으며 건전 부위와 변색 부위 및 썩은 부위는 600nm 부근과 800~900nm영역에서 반사율에 차이가 있었다.

4. 850nm의 피크 파장을 갖는 밴드패스 필터(유효폭 : 50nm)를 장착한 영상을 분석한 결과 썩은 부위의 판별은 가능하였으나 변색부위와 멍든 부위의 판별은 불가능한 것으로 판명되었다.

5. 참고 문헌

1. 김일웅. 1988. 영상처리 시스템을 이용한 과일의 기하학적 특성 측정. 서울대학교 석사학위논문.
2. 김현룡. 1997. 분광반사특성을 이용한 대두의 외관품질 판별인자 구명. 서울대학교 석사학위논문.
3. 노상하, 이종환, 이승훈. 1992. 흑백영상처리장치를 이용한 과실 선별기 개발에 관한 연구 (I, II): 농업기계학회지 17 (4) : 354-369
4. 배영환. 1992. 표면 반사율에 의한 사과색상 선별, 한국농업기계학회지 Vol. 17 (4) : 382-395
5. 이강진. 1998. NIR을 이용한 사과색상 선별에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문
6. 이상엽. 1997. 기계시각을 이용한 박피 마늘 선별 알고리즘 개발. 서울대학교 석사학위논문
7. 이수희. 1994. 신경회로망을 이용한 과실선별 알고리즘 개발에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문
8. 이종환. 1992. 농산물 및 미립자의 기하학적 특성 분석을 위한 컴퓨터 비전 시스템. 서울대학교 박사학위논문