

홍삼 외형 선별을 위한 영상처리 알고리즘 개발

Development of an Algorithm of Image Processing for the Shape Sorting System of Red-Ginseng

장요한*	장동일*	방승훈*	임영일*
정회원	정회원	정회원	성회원
Y. H. Chang	D. I. Chang	S. H. Bahng	Y. I. Lim

1. 서론

근래에 들어 생활수준이 향상되고, 평균수명이 고령화됨에 따라 건강식품의 요구가 급격히 증가하고 있는 추세에 있다. 그 중에서도 대대로 영약으로 전해 내려온 인삼에 대한 관심과 수요가 계속 증가하고 있다. 그러나 수삼은 부패하기 쉬워서 장기간 저장, 유통시킬 목적으로, 건조하여 제조한 백삼과 증자 후 건조한 홍삼으로 가공하여 사용되어 왔다. 그 중 홍삼은 약효뿐만 아니라 장기간 저장하여도 품질 면에서 대단히 안정적이어서 근래에 들어 홍삼제조에 많은 관심이 집중되고 있다. 그 결과 홍삼제조공정의 대부분 공정에서 자동화가 이루어졌고, 수율 향상을 위한 많은 연구가 진행 중에 있다. 그러나 홍삼제조과정 중 최종 단계인 선별공정은 아직도 인력에 의해 이루어지고 있어, 홍삼 품질의 균일화와 높은 가격에 따른 소비량 촉진에 많은 지장을 초래하고 있다.

선별공정은 크게 2단계의 과정을 거쳐 선별을 한다. 첫 번째 과정은 홍삼의 표면 색택과 체형 등을 검사하는 외관검사, 두 번째 과정은 내부의 내공과 내백을 검사하는 내부검사로 이루어진다. 이 두 과정 모두 인력에 의해 이루어지고 있어, 검사원들의 주관과 감정이 개입될 수 있고, 정해진 등급기준에 객관성이 떨어져 홍삼제품의 품질이 균일하지 못한 실정이다. 또한 전문 인력을 양성하고, 양성 후 인력을 관리하는데도 많은 어려움이 따르며, 단순하면서도 집중력이 필요한 선별과정에서의 작업 여건이 열악하여 선별의 능률이 저하될 수 있는 문제점이 있어, 보다 과학적이고 개관적인 선별공정을 위한 자동화 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 홍삼의 선별 공정 중 첫 번째 단계인 외관선별을 자동화하기 위해, 외관선별 장치를 구성하고, 외관선별을 위한 영상처리 알고리즘 개발을 연구 목적으로 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

부여 홍삼장의 홍삼중 검사원들에 의해 외관 선별된 천, 지, 양, 잡삼 각각 15지를 사용하여 선별 실험을 하였다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

나. 실험장치

홍삼의 외관선별 시스템은 PC, 영상 처리 보드 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, 10W백열전구 4개로 구성되었다.

실험 장치는 그림 1과 같이 선별 효율을 높이기 위해 사방의 벽을 차단하여 외부의 빛에 의한 영향을 배제하였고, 상부에 영상 획득을 위한 CCD camera를 설치하였다. 또 색조 분석을 용이하게 하기 위하여 백열전구 4개를 설치하였으며, camera는 바닥면으로부터 30cm 높이에 설치하였다. 영상을 획득하고 획득된 영상을 분석하기 위한 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성하였다.

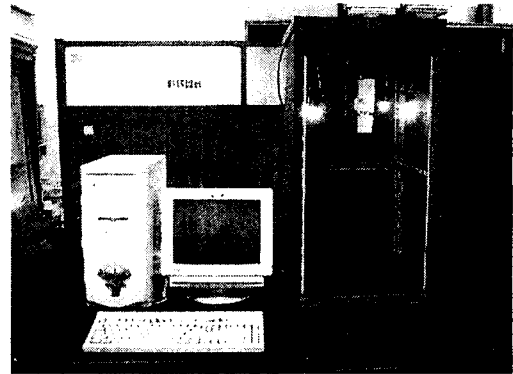


Fig. 1 Interior construction of the sorting system for the Red-Ginseng

다. 홍삼의 영상처리

홍삼의 획득영상에서 뇌두, 몸통, 다리를 효과적으로 분석하기 위하여 홍삼을 길이에 대해 6등분으로 나누어 1, 2, 3 부분은 다리부분으로, 4, 5 부분은 몸통부분으로, 6 부분은 뇌두부분으로 하여 분석하였다.

홍삼과 바닥 면을 구분하기 위하여 식 (1)과 같은 히스토그램 슬라이딩과 스트레칭을 통하여 영상의 콘트라스트를 개선시킨 후 경계값 처리를 통하여 바닥면을 분리했다. 이때, 최소 픽셀값은 100으로, 최대 픽셀값은 200으로 하였고, 경계값은 125로 하였다. 분리된 영상은 노이즈를 제거하여 영상의 질을 개선하였다.

$$P_n = \frac{P_o - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \times 255 \quad (1)$$

- 여기서, P_n = 새로운 픽셀값. (0~255)
- P_o = 이전의 픽셀값. (0~255)
- P_{\min} = 최소 픽셀값.
- P_{\max} = 최대 픽셀값.

뇌두부분의 분석은 뇌두의 유무와 형태에 의해 분석하였다. 이때, 뇌두의 유무는 R, G, B 색상의 분포를 통하여 분석하였고, 뇌두의 상태를 파악하기 위하여 원형도와 뇌두부분의 색상을 분석하여 백분율로 표시하였다.

다리를 분석하기 위하여 유클리디안 법에 의해 골격선을 추출하고, 팔각선을 통해 다리의 개수를 분석하였으며, 색상 분석을 통하여 다리부분의 손상 정보를 분석하였다.

라. 표면의 거칠기분석

표면의 거칠기는 바닥면과 분리된 영상의 R, G, B 색상의 분포를 통하여 분석하였다. 평균값보다 높은 R, G, B 값을 갖는 픽셀의 수의 합과 면적의 비로 정량화 하였다.

다. 형태 분석

홍삼의 외형적인 형태를 정량화하기 위하여 (2)~(4)식을 이용하여 홍삼에 해당하는 픽셀의 평균편차를 이용하였다. (4)식에서 (2)식과 (3)식에서 구한 값을 곱하여 수치화한 이유는 홍삼의 위치와 방향에 관계 없이 형태에 따라서만 수치가 변하도록 하기 위함이었다(장 등, 1997).

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \left[\frac{1}{p} \sum_{i=0}^{p-1} |x_{i,j} - \bar{x}_j| \right] \quad (2)$$

여기서, D_x = 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표에 대한 평균편차
 p = j행의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel의 수
 n = 이진 이미지의 행의 총수
 $x_{i,j}$ = 홍삼에 해당하는 i열 j행 pixel의 x좌표
 \bar{x}_j = j행의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표 평균

$$D_y = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \left[\frac{1}{q} \sum_{j=0}^{q-1} |y_{i,j} - \bar{y}_i| \right] \quad (3)$$

여기서, D_y = 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표에 대한 평균편차
 q = i열의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel의 수
 n = 이진 이미지의 열의 총수
 $y_{i,j}$ = 홍삼에 해당하는 i열 j행 pixel의 y좌표
 \bar{y}_i = i열의 pixel들 중에서 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표 평균

$$D_t = D_x \times D_y \quad (4)$$

여기서, D_t = 수치화된 값
 D_x = 홍삼에 해당하는 pixel들의 x좌표에 대한 평균편차
 D_y = 홍삼에 해당하는 pixel들의 y좌표에 대한 평균편차

바. 등급 판정

홍삼의 영상처리 결과 얻어진 값들에 의해 홍삼의 등급 판정을 위하여 각각의 외형 선별 인자에 가중치를 주었다.

각각의 외형선별인자에 대한 가중치는 뇌두의 존재유무에 40%, 표면의 거칠기에 30%, 지근의 수에 15%, 외형의 특성에 15%를 두었고, 전체의 합을 100점 만점으로 환산하여 85점 이상이면 천삼, 70점 이상이면 지삼, 60점 이상이면 양삼, 그 이하는 잡삼으로 등급을 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

가 영상처리

그림 2와 같이 획득된 영상을 홍삼의 외형 및 표면 거칠기, 형태 분석 등을 위하여 영상 처리 한 결과 그림 3과 같이 나타났다.

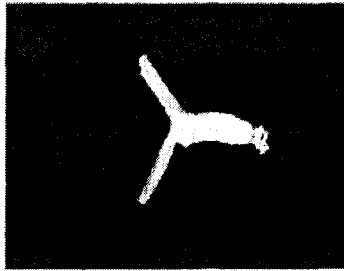


Fig.2 Original image of the Red-Ginseng.



Fig.3 Result of image processing of the Red-Ginseng.

나. 표면의 거칠기 분석

획득된 영상을 R, G, B 색상의 분포에 의해 표면의 거칠기를 분석한 결과 그림 4와 같이 나타났다. Hurt는 평균값보다 높은 R, G, B 값을 갖는 픽셀의 수의 합이며, Area는 획득된 영상의 면적이다. Hurt/Area의 값 0.02~0.04의 범위에 천, 지삼이 분포하고 있다.

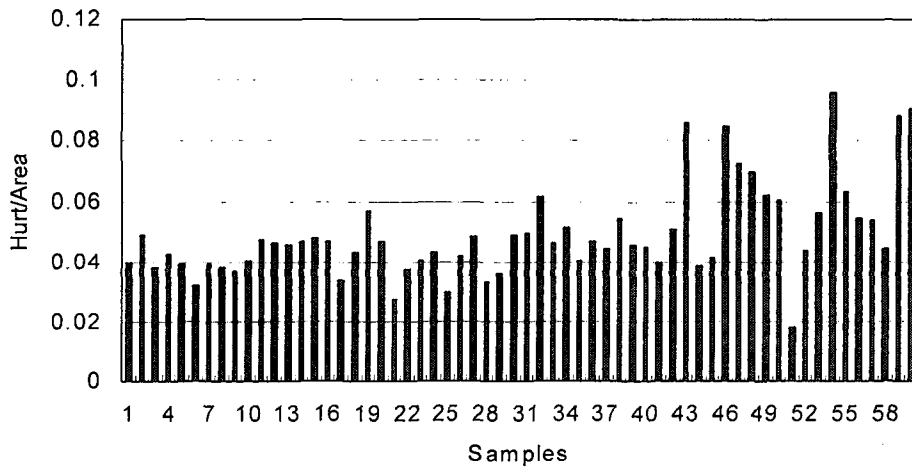


Fig. 4 Hurt/Area values of the Red-Ginseng.

다. 형태 분석 결과

Dt 값에 의해 홍삼의 형태를 분석한 결과 그림 5와 같이 나타났다. Dt는 홍삼의 외형적인 형태의 정량화 된 값이며, Dt/Area의 값 0.03~0.05사이에서 천, 지삼이 분포하고 있다.

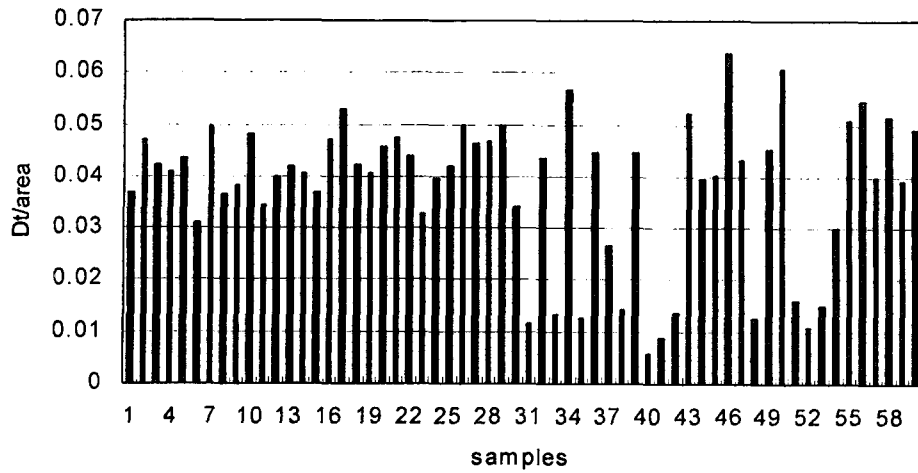


Fig. 5 D/area values of the Red-Ginseng.

라. 등급 판정 결과

외형 선별 인자에 가중치를 주어 100점으로 환산한 결과 그림 6과 같이 나타났다. 그림에 나타난 것과 같이 천삼은 100~85점의 값으로 나타났고, 지삼은 85~70점의 값으로 나타났으며, 양삼은 70~60점의 값으로 나타나, 설정해 놓은 등급 기준 값에 의해 분류한 결과, 선별의 정확도가 천삼은 100%, 지삼은 94%, 양삼은 76%, 잡삼은 94%로 나타났다.

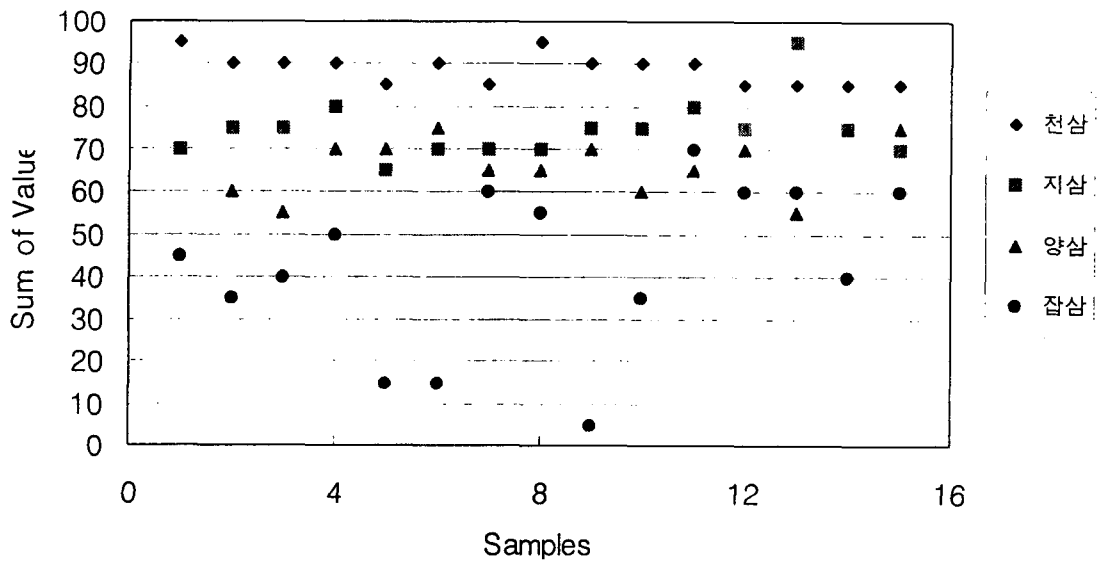


Fig. 6 Sum of values of the Red-Ginseng.

4. 요약 및 결론

본 연구는 홍삼의 외형선별을 할 수 있는 영상처리 알고리즘을 개발하였고 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 영상처리 시스템의 하드웨어는 CCD카메라, 영상처리보드, 컴퓨터로 구성되었으며, 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었다.
- 2) 홍삼의 외형선별을 위한 영상처리 알고리즘은 획득된 영상을 영상처리한 후, 그 영상에서 얻어진 면적과 길이, 너두의 유무, 지근의 수, 표면의 거칠기, 외형특성을 정량화하여 각각의 외형선별인자에 대한 가중치를 주어 100점으로 환산하여 선별하도록 구성되었다.
- 3) 설정해 놓은 등급 기준 값에 의해 선별한 결과, 천삼 100%, 지삼 94%, 양삼 76%, 잡삼 94%의 성공률을 나타냈다.

5. 참고문헌

1. 남궁재찬. 1989. 화상공학의 기초. 기전연구소.
2. 박승제외4인. 1998. 인삼의 최적 건조 및 품질 자동평가 시스템 개발. 농림부.
3. 이문호, 염재훈 공저. 1994. C언어를 이용한 영상신호처리. 대영사
4. 장동일, 강호양, 성장근. 1999. 최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정개발. 연차연구보고서. 농림기술관리센터.
5. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류(I). 한국축산시설환경학회, 3(2) : 105-113.
6. 조재성의 2인 공저. 1998. 최신 인삼재배. 선진문화사.
7. 천인국의 1인. 1998. 영상처리 기초편. 기한재.
8. 최병욱외 4인. 1992. 3차원 영상처리 및 인식의 기초연구. 한국과학재단.
9. 하영호외 3인. 1998. 디지털 영상처리. 도서출판 그린.
10. NHK 방송기술 연구소화상연구부 저. 1983. C언어에 의한 화상처리실무. 국제테크노정보연구소
11. Randy Crane 저. 1997. 영상처리 이론과 실제. 홍릉과학출판사.